SYSTÈME SOLAIRE

BRUNO LECIGNE

FEDERICO DALLOCCHIO

NEPTUNE

LA GÉANTE DES CONFINS

Glénat | Observatoire de Paris | PSL

SYSTÈME SOLAIRE

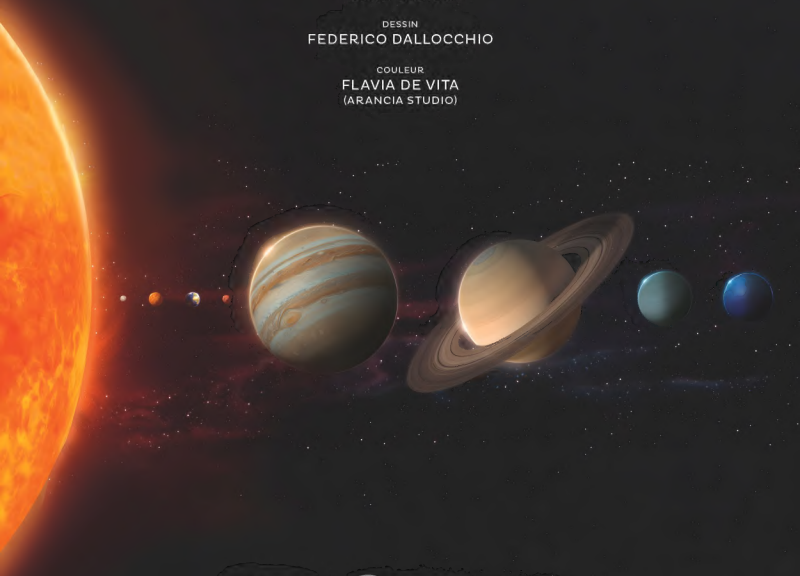
NEPTUNE

LA GÉANTE DES CONFINS

SCÉNARIO
BRUNO LECIGNE

DESSIN
FEDERICO DALLOCCHIO

COULEUR
FLAVIA DE VITA
(ARANCIA STUDIO)



Glénat | Observatoire de Paris | PSL

PRÉFACE

Déserts brûlants criblés de cicatrices d'impacts de météorites, volcans de glace ou de composés soufrés, océans cachés sous d'épaisses banquises, anticyclones plus grands que la Terre… Les huit planètes du Système solaire et leurs lunes présentent une fascinante diversité. Partez à leur découverte avec les chercheurs de l'Observatoire de Paris – PSL, les meilleurs guides qui soient puisque cela fait plus de 350 ans que l'Observatoire, désormais implanté sur trois sites – Paris, Meudon et Nançay – étudie le Soleil et le Système solaire.

À Paris, le premier directeur de l'Observatoire, Jean-Dominique Cassini, a ainsi découvert quatre satellites de Saturne et, dans l'anneau qui entoure la planète, une division qui porte maintenant son nom. En 1846, Urbain Le Verrier a découvert la planète Neptune. Et c'est la grande lunette de Meudon qui, au début du XX^e^ siècle, a permis de réfuter l'hypothèse des canaux martiens.

Au XXI^e^ siècle, l'exploration spatiale prend le relais : l'Observatoire de Paris – PSL invente des instruments pour les grandes missions spatiales de la NASA, comme le rover martien Perseverance, mais aussi de l'ESA, avec JUICE qui est en route vers Jupiter depuis avril 2023. Une exploration spatiale qui nous a appris que, dans le Système solaire, notre Terre est la seule planète habitable pour les humains : ce minuscule point bleu qu'est notre planète, vue depuis les sondes spatiales qui explorent les confins du système solaire, est vraiment unique.

Bon voyage donc, en compagnie de nos chercheurs. Ils seront vos guides au long des visites de ces mondes extraordinaires, organisées par Bruno Lecigne et mises en images par les talentueux dessinateurs des albums de la collection *Système solaire* !

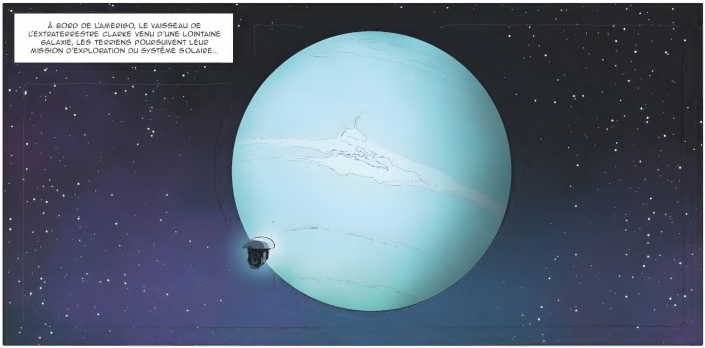
Fabienne Casoli
Présidente de l'Observatoire de Paris – PSL

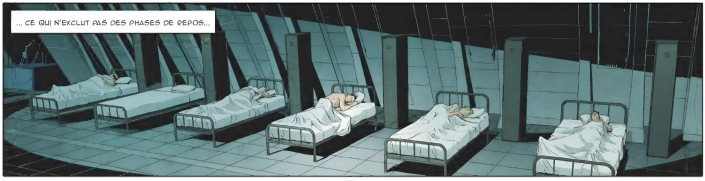
L'éditeur tient à remercier les astrophysiciens et astrophysicienne
à l'Observatoire de Paris – Université Paris Sciences et Lettres pour leur participation :
Bruno BÉZARD, Nicolas BIVER, Xavier BONNIN, Alain DORESSOUNDIRAM,
Laurent LAMY, Milan MAKSIMOVIC, Sandrine VINATIER et Philippe ZARKA.

Lettrage : Fanny HURTREL
Concept général : Christian BLONDEL

© 2025 Éditions Glénat – Couvent Sainte-Cécile – 37 rue Servan – 38000 Grenoble. contact@glenat.com
Tous droits réservés pour tous pays. Dépôt légal : octobre 2025 – ISBN : 978-2-344-06604-1 / 001
Achevé d'imprimer en France en septembre 2025 par Pollina,
sur papier provenant de forêts gérées de manière durable.

PPPP 00-00-0000 / Certifié PPPP / pefc-france.org


À BORD DE L'AMERIGO, LE VAISSEAU DE L'EXTRATERRESTRE CLARKE VENU D'UNE LOINTAINE GALAXIE, LES TERRIENS POURSUIVENT LEUR MISSION D'EXPLORATION DU SYSTÈME SOLAIRE...

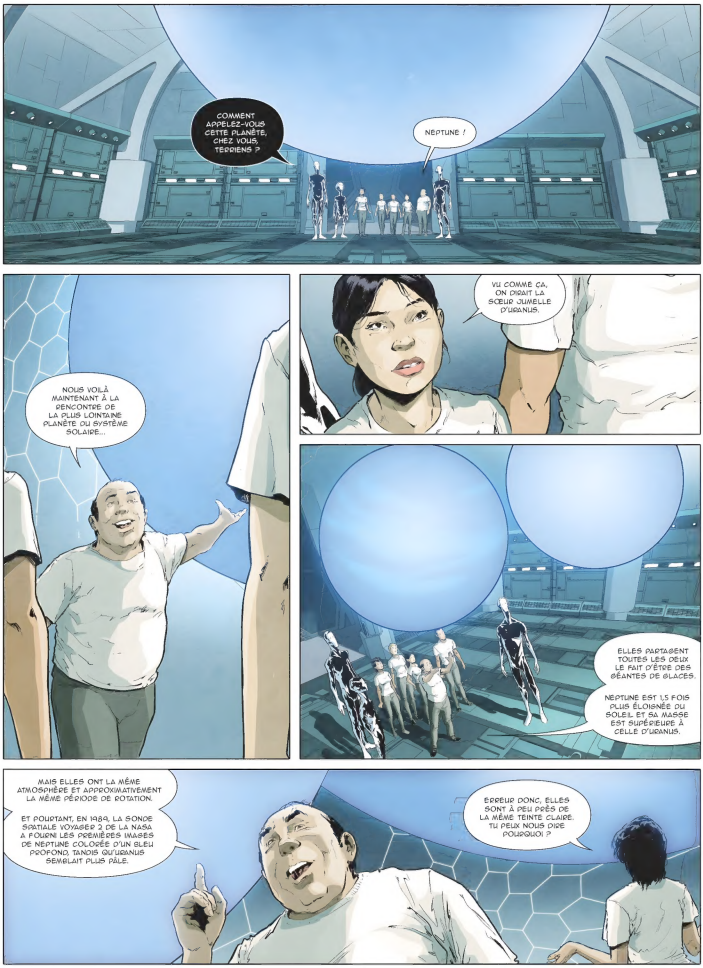

... CE QUI N'EXCLUT PAS DES PHASES DE REPOS...

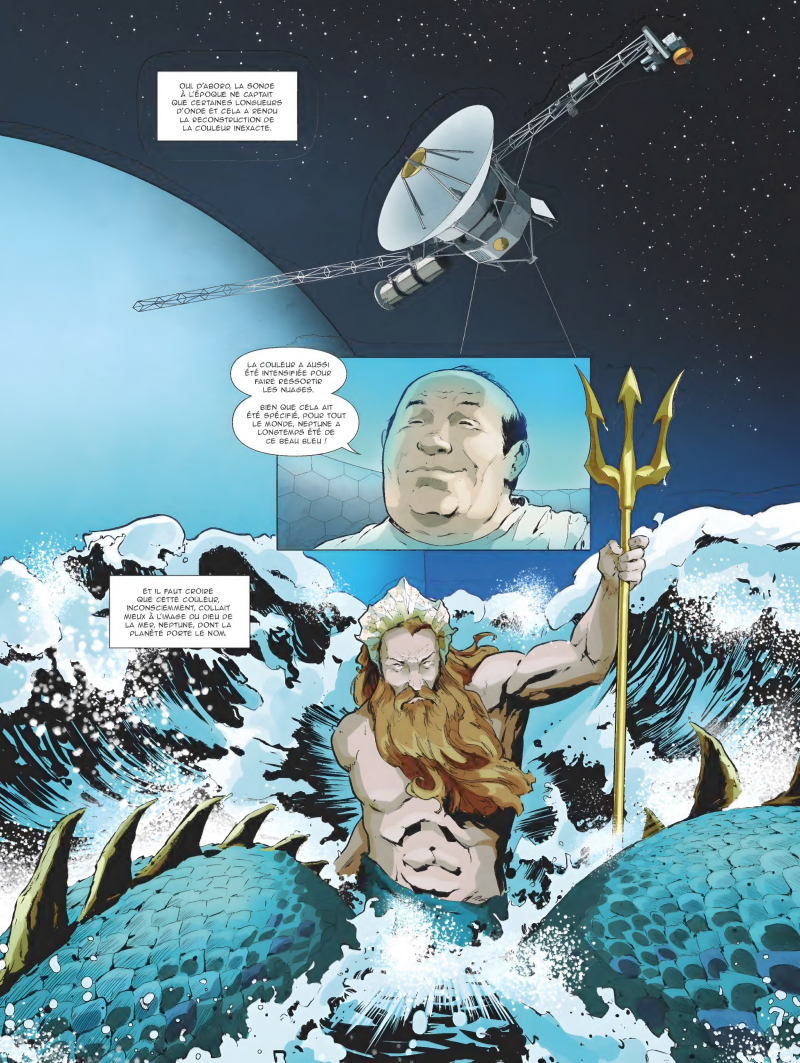
... NI UN SOMMEIL AGITÉ...

AAAAH !
MAIS ?! D'OÙ VOUS SORTEZ ? QU'EST-CE QU'IL SE PASSE ?
CLARKE ? TU ÉS OÙ ?
FRANCESCA ?
JENNA ?
INUTILE DE CHERCHER TES COMMUNOS, TEUBIEN ALEXANDRE-MAILLARD, ILS NE SONT PLUS LÀ.
OÙ SONT-ILS ? QU'EST-CE QUE VOUS LEUR AVEZ FAIT ?

SUIS-NOUS, NOUS ALLONS TE CONDUIRE À EUX.
VOUS AVEZ INTÉRÊT À NE LEUR AVOIR RIEN FAIT.
JE VEUX PARLER À CLARKE.
CLARKE ?
CELUI QUE TU APPELLES CLARKE N'EST PLUS PARMI NOUS.
CLARKE ÉTAIT UN TRAÎTRE.
IL A ÉTÉ PUNI.
SI TU VEUX REVOIR LES TIENS...
... ENTRE LA-DEDANS, TESPIEN ALEXANDRE-MAILLARD.
MAIS ?! QU'EST-CE QUE C'EST ?
ALEX ? ALEX ?!

AAAAH !
ALEX, TU TE RÉVEILLES ?
TAS LE SOMMEIL DRÔLEMENT LOURD. DIS DONC, TAS PRIS QUELQUE CHOSE POUR DORMIR ?
NON... JE... JE FAISAIS UN CAUCHEMAR.
IL FAUT QUE TU VIENNES. TOUT LE MONDE EST DANS LA GRANDE SALLE DE CONTRÔLE. NOUS APPROCHONS DE NEPTUNE.
OK...
JE RÊVAIS QUE VOUS ÉTIEZ TOUS MORTS, GELÉS DANS L'ESPACE.
T'ES LE COMMANDANT DE LA MISSION, T'ES CENSÉ ASSURER NOTRE SUIVIE. CE N'EST PAS TRÈS RASSURANT.
ÇA FINIT COMMENT ?
PAS SI MAL, EN FAIT !


COMMENT APPELEZ-VOUS CETTE PLANÈTE, CHEZ VOUS, TERRIENS ?
NEPTUNE !
NOUS VOILÀ MAINTENANT À LA RENCONTRE DE LA PLUS LOINTAINE PLANÈTE OU SYSTÈME SOLAIRE...
VU COMME ÇA, ON DIRAIT LA SŒUR JUMELLE D'URANUS.
ELLES PARTAGENT TOUTES LES DEUX LE FAIT D'ÊTRE DES GÉANTES DE GLACES.
NEPTUNE EST 1,5 FOIS PLUS ÉLOIGNÉE DU SOLEIL ET SA MASSE EST SUPÉRIEURE À CELLE D'URANUS.
MAIS ELLES ONT LA MÊME ATMOSPHÈRE ET APPROXIMATIVEMENT LA MÊME PÉRIODE DE ROTATION.
ET POURTANT, EN 1986, LA SONDE SPATIALE VOYAGER 2 DE LA NASA A FOURNI LES PREMIÈRES IMAGES DE NEPTUNE COLORÉE D'UN BLEU PROFOND, TANDIS QU'URANUS SEMBLAIT PLUS PÂLE.
ERREUR DONC, ELLES SONT À PEU PRÈS DE LA MÊME TEINTE CLAIRE. TU PEUX NOUS DIRE POURQUOI ?


OUI D'ABORD, LA SONDE À L'ÉPOQUE NE CAPTAIT QUE CERTAINES LONGUEURS D'ONDE ET CELA A BIAISÉ LA RECONSTRUCTION DE LA COULEUR INEXACTE.
LA COULEUR A AUSSI ÉTÉ INTENSIFIÉE POUR FAIRE RESSORTIR LES NUAGES.
BIEN QUE CELA AIT ÉTÉ RÉCEPTÉ, POUR TOUT LE MONDE, NEPTUNE A LONGTEMPS ÉTÉ DE CE BEAU BLEU !
ET IL FAUT CROIRE QUE CETTE COULEUR, INCONSCIEMMENT, COLLAIT MIEUX À L'IMAGE DU DIEU DE LA MER, NEPTUNE, DONT LA PLANÈTE PORTE LE NOM.

LA DÉCOUVERTE DE NEPTUNE EST UNE HISTOIRE FASCINANTE QUI MÊLE INTRIGUES, RIVALITÉS SCIENTIFIQUES ET CALCULS MATHÉMATIQUES COMPLEXES.
C'EST L'HISTOIRE D'UNE PLANÈTE VOLÉE !
COMMENT ÇA, "VOLÉE" ?
QU'EST-CE QUE TU RACONTES ? ON NE PEUT PAS VOLER UNE PLANÈTE !
C'EST CE QUE NOUS ALLONS VOIR !
D'ABORD, NEPTUNE, COMME LES AUTRES CORPS LOINTAINS DU SYSTÈME SOLAIRE, EST UNE DÉCOUVERTE RÉCENTE, LIÉE AUX PROGRÈS DE L'OPTIQUE. MAIS PAS QUE !
AU XIXE SIÈCLE, LES ASTRONOMES REMARQUENT DES IRRÉGULARITÉS DANS L'ORBITE D'URANUS, LA SEPTIÈME PLANÈTE À PARTIR DU SOLEIL, DERNIÈRE CONNUE À L'ÉPOQUE.
DES IRRÉGULARITÉS, ÇA VEUT DIRE PEUT-ÊTRE L'INFLUENCE D'UN CORPS CÉLESTE SUFFISAMMENT IMPORTANT POUR CAUSER DES PERTURBATIONS GRAVITATIONNELLES.
PLUSIEURS SCIENTIFIQUES, DONT L'ASTRONOME BRITANNIQUE JOHN COUCH ADAMS ET LE MATHÉMATICIEN FRANÇAIS URBAIN LE VERRIER, PROPOSENT L'EXISTENCE D'UNE PLANÈTE ENCORE INCONNUE.
JOHN COUCH ADAMS
URBAIN LE VERRIER
JE LES AI DANS MES BASES DE DONNÉES. J'AFFICHE LEURS PORTRAITS...
MAIS LE PROCESSUS DE DÉCOUVERTE DE NEPTUNE N'A PAS ÉTÉ SIMPLE.

Institut d'astronomie de Cambridge
ÉTUDIANT À L'UNIVERSITÉ DE CAMBRIDGE EN 1843, JOHN COUCH ADAMS A COMMENCÉ À TRAVAILLER SUR LE PROBLÈME ET, EN UTILISANT LES LOIS DE LA GRAVITATION DE NEWTON, IL ENTREPREND DE DÉTERMINER LA POSITION DE L'HYPOTHÉTIQUE PLANÈTE.
PENDANT CE TEMPS, LE VERRIER, TRAVAILLANT INDÉPENDAMMENT EN FRANCE, RÉALISE ÉGALEMENT DES CALCULS QUI RECOUPENT CEUX D'ADAMS, IMPLIQUANT L'EXISTENCE D'UNE HUITIÈME PLANÈTE.
ON SENT LES EMBROUILLES QUI ARRIVENT.
"EMBROUILLES" ?
PAS D'ÉQUIVALENT CHEZ NOUS.
C'EST UNE NOTION TRÈS HUMAINE.
LE 18 SEPTEMBRE 1846, LE VERRIER ENVOIE SES PRÉDICTIONS À L'ASTRONOME JOHANN GOTTFRIED GALLE, À L'OBSERVATOIRE DE BERLIN.
GALLE LES UTILISE POUR OBSERVER LE CIEL NOCTURNE LE 23 SEPTEMBRE 1846, LE SOIR MÊME OÙ IL REÇOIT LA LETTRE, ET DÉCOUVRE NEPTUNE TRÈS PRÈS DE LA POSITION PRÉDITE PAR LE VERRIER.
JOHANN GOTTFRIED GALLE
TÉLESCOPE de GALLE
C'EST LA PREMIÈRE OBSERVATION DIRECTE DE NEPTUNE, CONFIRMANT SON EXISTENCE...
... ET C'EST LE DÉBUT DE L'AFFAIRE DE LA "PLANÈTE VOLÉE".

CAP PRÈS D'UN AN AUPARAVANT, ADAMS AVAIT ENVOYÉ SES PROPRES CALCULS AUX ASTRONOMES BRITANNIQUES, SANS RECEVOIR UNE ATTENTION IMMÉDIATE.

CE N'EST QU'EN JUILLET 1846 QU'UNE ÉQUIPE BRITANNIQUE SE LANCE À LA RECHERCHE DE L'HYPOTHÉTIQUE PLANÈTE MAIS, EN L'ABSENCE DE CARTES DU CIEL PRÉCISES, LA QUÊTE ÉCHOUE.

TRENTE ANS PLUS TARD, UN DOCUMENT QUI AURAIT ÉTÉ SUBTILISÉ PERMET SURFACE ET DONNE LA PRIMEUR À ADAMS : IL SERAIT FINALEMENT LE PREMIER À AVOIR LOCALISÉ MATHÉMATIQUEMENT LA NOUVELLE PLANÈTE.

JOHN COUCH ADAMS

LA COMPÉTITION EST UN MOTEUR PUISSANT DANS LA DÉCHERCHE SCIENTIFIQUE, MAIS PAS LES QUERELLES QUI PEUVENT EN DÉCOULER !

TOUT À FAIT D'ACCORD !

DISONS QUE NEPTUNE A EU PLUSIEURS DÉCOUVREURS.

ET SURTOUT, SA DÉCOUVERTE A MIS EN LUMIÈRE LE POUVOIR DES MATHÉMATIQUES POUR PRÉDIRE L'EXISTENCE D'ASTRES INCONNUS.

PAR LA SUITE, D'AUTRES DÉCOUVERTES DANS LE COSMOS SERONT FAITES AVANT DE POUVOIR ÊTRE OBSERVÉES ET LEUR RÉALITÉ CONFIRMÉE.

COMME LES TROUS NOIRS, PAR EXEMPLE !

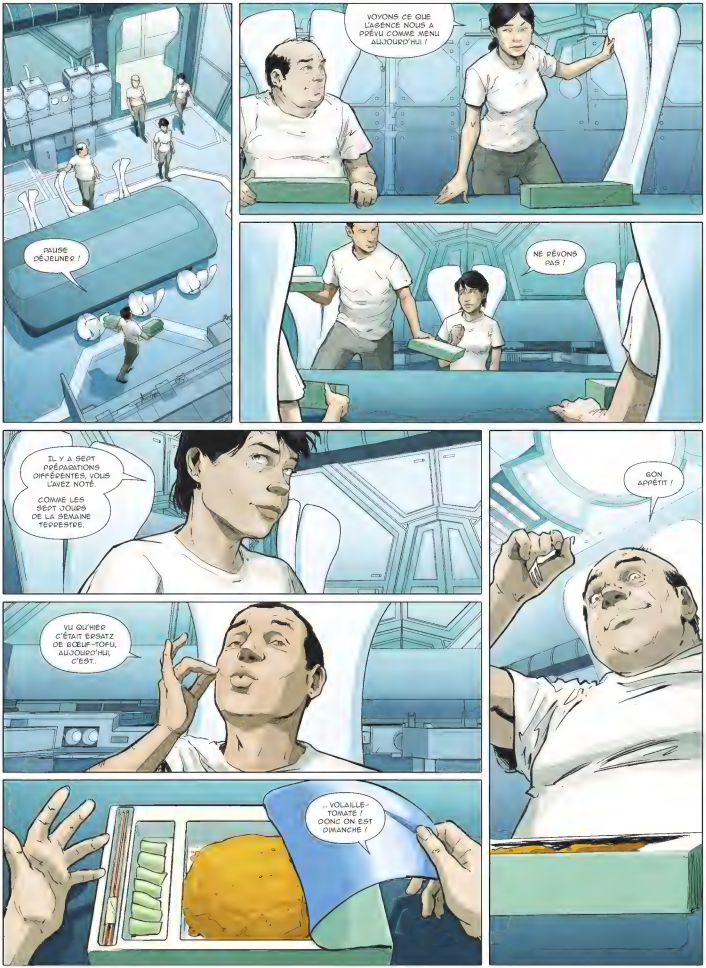
WILLIAM LASSELL

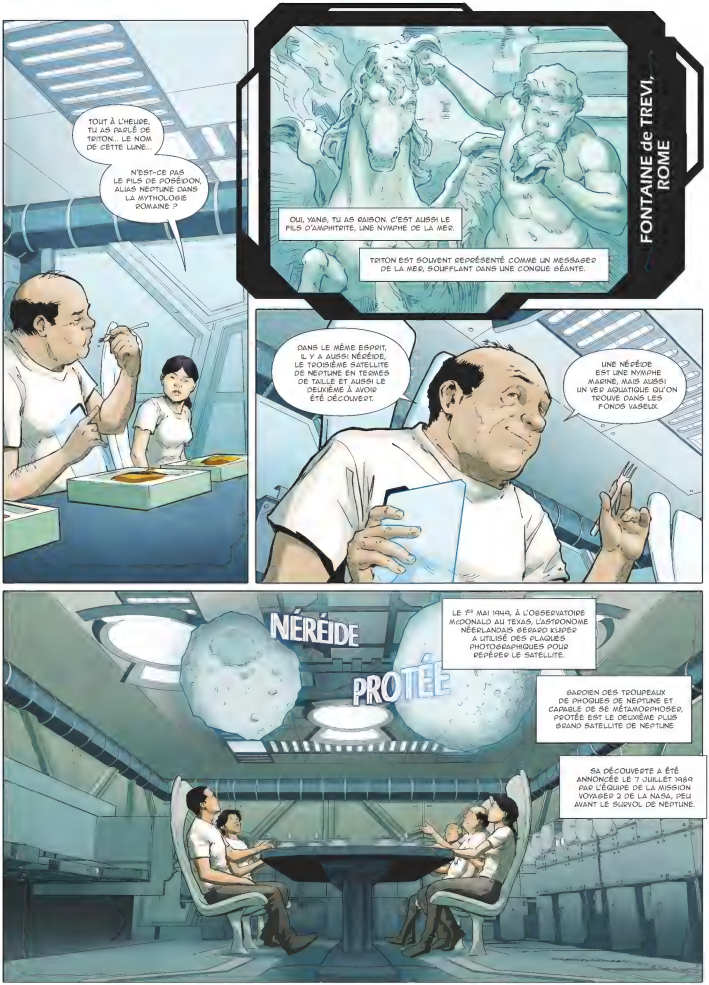
IL A ÉTÉ OBSERVÉ LE 10 OCTOBRE 1846, SEULEMENT 17 JOURS APRÈS LA DÉCOUVERTE DE NEPTUNE ELLE-MÊME, PAR L'ASTRONOME BRITANNIQUE WILLIAM LASSELL.

APRÈS NEPTUNE, UNE AUTRE DÉCOUVERTE ARRIVE TRÈS VITE...

... CELLE DE TRITON, LE PLUS GRAND SATELLITE DE NEPTUNE.

TRITON

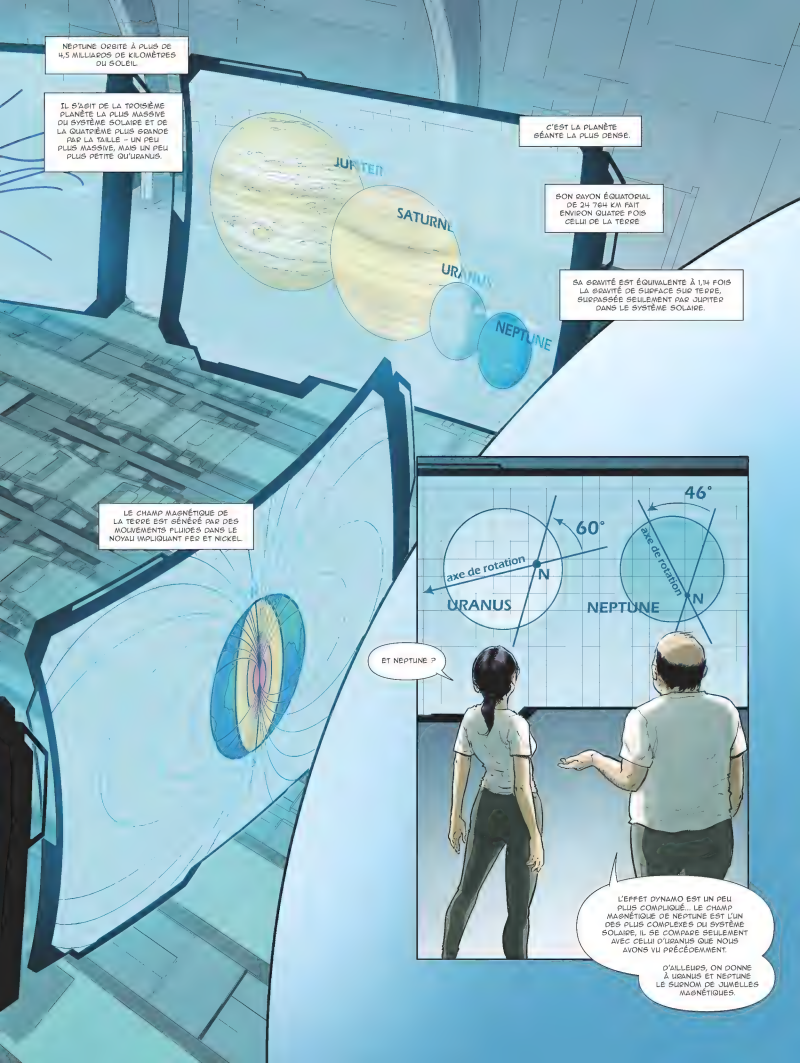

VOYONS CE QUE L'ABSENCE NOUS A PRÉVU COMME MENU AUJOURD'HUI !
PAUSE DÉJEUNER !
NE RÊVONS PAS !
IL Y A SEPT PRÉPARATIONS DIFFÉRENTES, VOUS L'AVEZ NOTÉ.
COMME LES SEPT JOURS DE LA SEMAINE TERRESTRE.
BON APPÉTIT !
VU QU'HIER C'ÉTAIT ERSATZ DE BŒUF-TOFU, AUJOURD'HUI, C'EST...
... VOLAILLE-TOMATE ! DONC ON EST DIMANCHE !

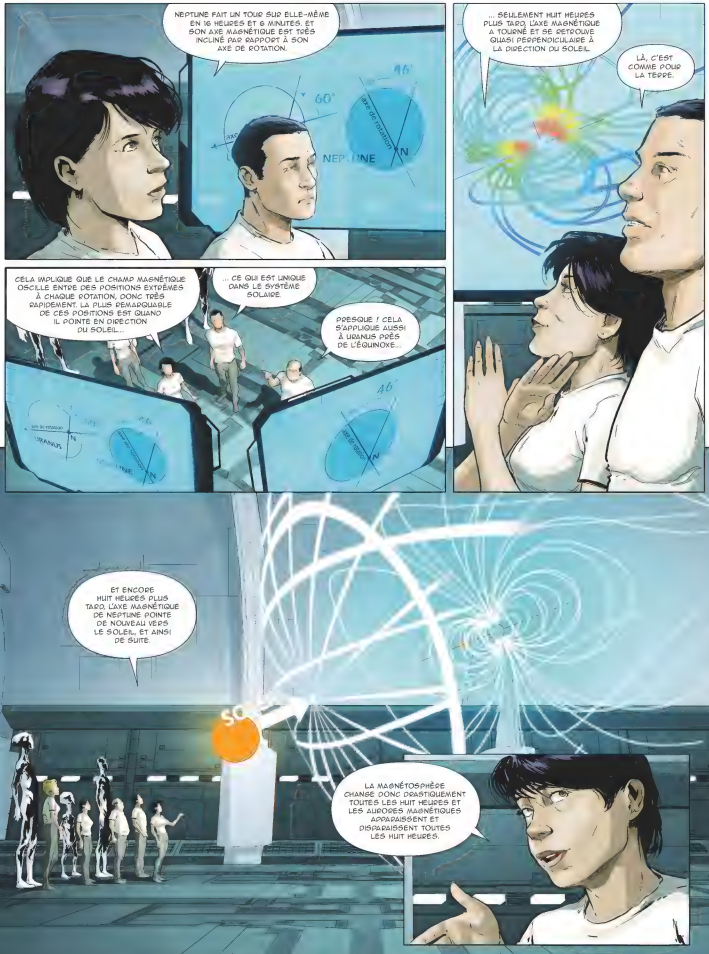

TOUT À L'HEURE, TU AS PARLÉ DE TRITON... LE NOM DE CETTE LUNE...
N'EST-CE PAS LE FILS DE POSÉIDON, ALIAS NEPTUNE DANS LA MYTHOLOGIE ROMAINE ?
FONTAINE de TREVI, ROME
OUI, YANN, TU AS RAISON. C'EST AUSSI LE FILS D'AMPHITRITE, UNE NYMPHE DE LA MER.
TRITON EST SOUVENT REPRÉSENTÉ COMME UN MESSAGER DE LA MER, SOUFFLANT DANS UNE CONQUE GÉANTE.
DANS LE MÊME ESPRIT, IL Y A AUSSI NÉRÉIDE, LE TROISIÈME SATELLITE DE NEPTUNE EN TERMES DE TAILLE ET AUSSI LE DEUXIÈME À AVOIR ÉTÉ DÉCOUVERT.
UNE NÉRÉIDE EST UNE NYMPHE MARINE, MAIS AUSSI UN VER AQUATIQUE QU'ON TROUVE DANS LES FONDS VASEUX.
NÉRÉIDE
PROTÉE
LE 1ER MAI 1949, À L'OBSERVATOIRE MCDONALD AU TEXAS, L'ASTRONOME NÉERLANDAIS GERARD KUIPER A UTILISÉ DES PLAQUES PHOTOGRAPHIQUES POUR REPÉRER LE SATELLITE.
GARDIEN DES TROUPEAUX DE PHOQUES DE NEPTUNE ET CAPABLE DE SE MÉTAMORPHOSER, PROTÉE EST LE DEUXIÈME PLUS GRAND SATELLITE DE NEPTUNE
SA DÉCOUVERTE A ÉTÉ ANNONCÉE LE 7 JUILLET 1989 PAR L'ÉQUIPE DE LA MISSION VOYAGER 2 DE LA NASA, PEU AVANT LE SURVOL DE NEPTUNE.

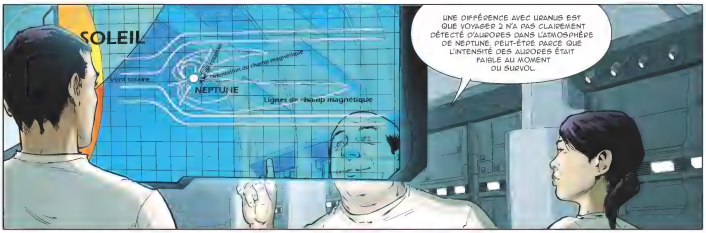
LARISSA EST LE QUATORZIÈME SATELLITE DE NEPTUNE EN TERMES DE TAILLE ET A ÉTÉ DÉCOUVERT LE 24 MAI 1981 PAR HAROLD J. REITSEMA, WILLIAM B. HUBBARD, LARRY A. LEBOFSKY ET DAVID J. THOLEN
Harold J. Reitsema
William B. Hubbard
Larry A. Lebofsky
David J. Tholen
JE LES AFFICHE...
LARISSA
ILS ONT DONC ÉTÉ NOMMÉS À SE PENCHER SUR LE BERCEAU DE CETTE PETITE LUNE.
DESPINA
GALATÉE
THALASSA
NAÏADE
DESPINA, GALATÉE, THALASSA ET NAÏADE ONT ÉTÉ DÉCOUVERTS PAR LA SONDE VOYAGER 2 LORS DE SON SURVOL DE NEPTUNE EN 1989.
LES DERNIERS ONT ÉTÉ DÉCOUVERTS EN 2002 ET 2003.
HALIMÈDE, SAO, LAOMÉDIE, NÉSO, PSAMATHÉE...
... AUXQUELS TU PEUX AJOUTER UNE QUATORZIÈME LUNE, BAPTISÉE HIPPOCAMPE EN 2014 POUR POURSUIVRE DANS LE THÈME MARIN DE NEPTUNE, ET DEUX AUTRES ENCORE RÉCEMMENT QUI N'ONT PAS ENCORE DE NOM DÉFINITIF...
SI TOUT LE MONDE A FINI, RETOURNONS DANS LA GRANDE SALLE...
HIPPOCAMPE

TU N'AS RIEN MANGÉ !
NON, JE N'AI PAS FAIM.
ÇA VA ? COMMENT TU TE SENS ?
FRANCESCA SE SENT COMME QUELQU'UN QUI MANGE TOUJOURS LA MÊME CHOSE, JUSTE CE QU'IL FAUT POUR L'ORGANISME, RIEN DE CE QU'IL FAUDRAIT POUR LE PLAISIR !
AH ! LA CUISINE ITALIENNE !
LA MEILLEURE DU MONDE !
FRANCHEMENT, ON SE DEMANDE SI ON N'AURAIT PAS MIEUX FAIT D'EMBARQUER UN CHEF CUISTOT !
UN CHEF CHINOIS !
JE TE TROUVE QUAND MÊME UNE PETITE MINE. ET TU SAIS QUE C'EST MON RÔLE D'ASSURER VOTRE SURVIE.

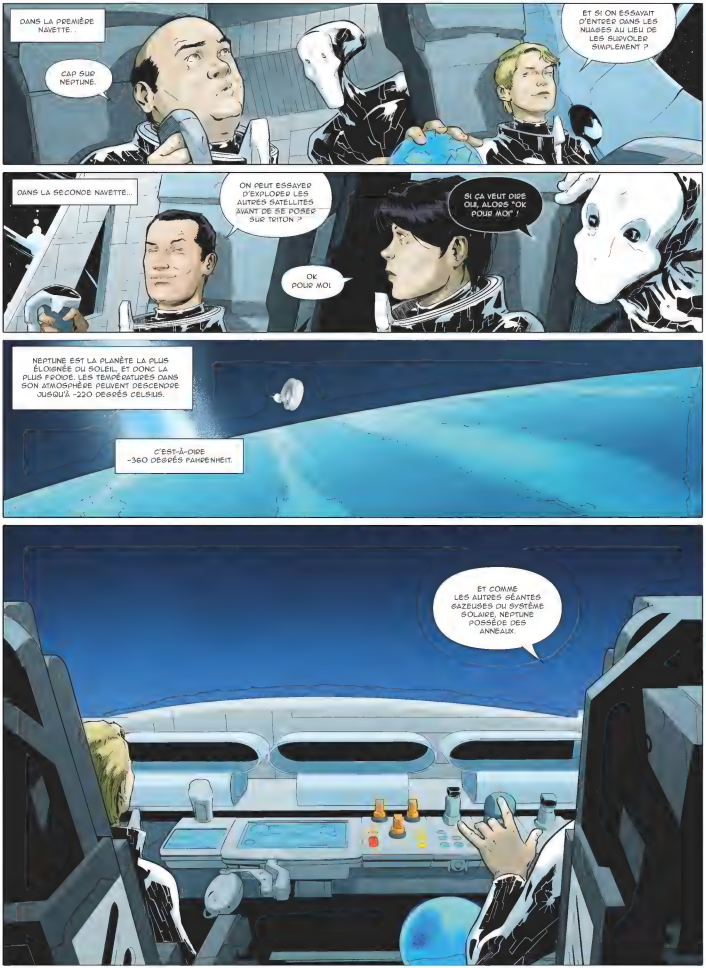
TU VOIS, YANN, HIPPOCAMPE EST UN TOUT PETIT CAILLOU DE MOINS DE VINGT KILOMÈTRES DE DIAMÈTRE !
REVENONS À NEPTUNE.
LA STRUCTURE DE SA MAGNÉTOSPHÈRE EST UN PHÉNOMÈNE FASCINANT, EXTRAORDINAIRE.
GALATÉE 1495 km
LARISSA
DESPINA 116 km
THALASSA 92 km
NÉRÉIDE 64 km
HIPPOCAMPE
PROTÉE 435 km
TERRE
SATURNE

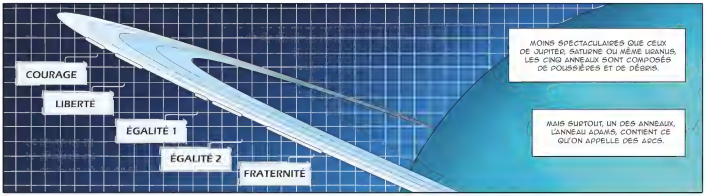

NEPTUNE ORBITE À PLUS DE 4,5 MILLIARDS DE KILOMÈTRES DU SOLEIL.
IL S'AGIT DE LA TROISIÈME PLANÈTE LA PLUS MASSIVE DU SYSTÈME SOLAIRE ET DE LA QUATRIÈME PLUS GRANDE PAR LA TAILLE – UN PEU PLUS MASSIVE, MAIS UN PEU PLUS PETITE QU'URANUS.
JUPITER
SATURNE
URANUS
NEPTUNE
C'EST LA PLANÈTE GÉANTE LA PLUS DENSE.
SON JOUR ÉQUATORIAL DE 24 76H EN FAIT ENVIRON QUATRE FOIS CELUI DE LA TERRE.
SA GRAVITÉ EST ÉQUIVALENTE À 1,14 FOIS LA GRAVITÉ DE SURFACE SUR TERRE, SURPASSÉE SEULEMENT PAR JUPITER DANS LE SYSTÈME SOLAIRE.
LE CHAMP MAGNÉTIQUE DE LA TERRE EST GÉNÉRÉ PAR DES MOUVEMENTS FLUIDES DANS LE NOYAU IMPLIQUANT FER ET NICKEL.
46°
60°
axe de rotation
N
URANUS
axe de rotation
N
NEPTUNE
ET NEPTUNE ?
L'EFFET DYNAMO EST UN PEU PLUS COMPLIQUÉ. LE CHAMP MAGNÉTIQUE DE NEPTUNE EST L'UN DES PLUS COMPLEXES DU SYSTÈME SOLAIRE, IL SE COMPARE SEULEMENT AVEC CELUI D'URANUS QUE NOUS AVONS VU PRÉCÉDEMMENT.
D'AILLEURS, ON DONNE À URANUS ET NEPTUNE LE SURNOM DE JUMELLES MAGNÉTIQUES.


NEPTUNE FAIT UN TOUR SUR ELLE-MÊME EN 16 HEURES ET 6 MINUTES. ET SON AXE MAGNÉTIQUE EST TOÉS INCLINÉ PAR RAPPORT À SON AXE DE ROTATION.
NEPTUNE
AXE DE ROTATION
AXE MAGNÉTIQUE
60°
46°
N
... SEULEMENT HUIT HEURES PLUS TARD, L'AXE MAGNÉTIQUE A TOURNÉ ET SE RETROUVE QUASI PERPENDICULAIRE À LA DIRECTION DU SOLEIL.
LÀ, C'EST COMME POUR LA TERRE.
CELA IMPLIQUE QUE LE CHAMP MAGNÉTIQUE OSCILLE ENTRE DES POSITIONS EXTRÊMES À CHAQUE ROTATION, DONC TRÈS RAPIDEMENT. LA PLUS REMARQUABLE DE CES POSITIONS EST QUAND IL POINTE EN DIRECTION DU SOLEIL...
... CE QUI EST UNIQUE DANS LE SYSTÈME SOLAIRE.
PRESQUE ! CELA S'APPLIQUE AUSSI À URANUS PRÈS DE L'ÉQUINOXE...
URANUS
ET ENCORE HUIT HEURES PLUS TARD, L'AXE MAGNÉTIQUE DE NEPTUNE POINTE DE NOUVEAU VERS LE SOLEIL, ET AINSI DE SUITE.
SOLEIL
LA MAGNÉTOSPHÈRE CHANGE DONC PRATIQUEMENT TOUTES LES HUIT HEURES ET LES AURORES MAGNÉTIQUES APPARAISSENT ET DISPARAISSENT TOUTES LES HUIT HEURES.

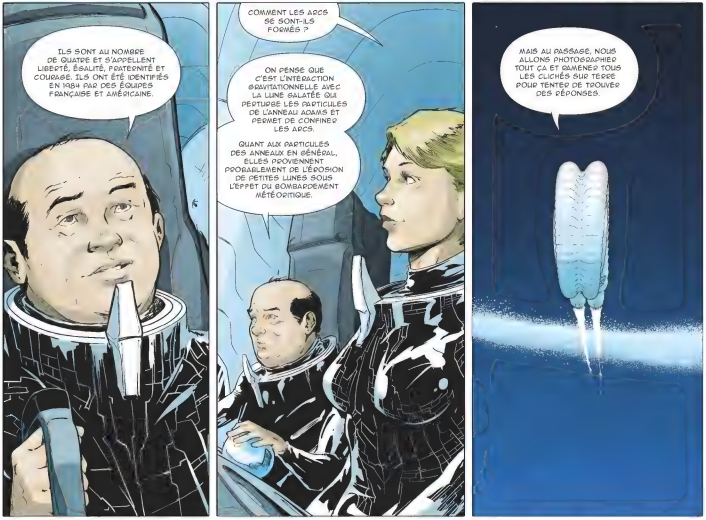

SOLEIL
Vent solaire
Orientation du champ magnétique
NEPTUNE
Lignes de champ magnétique
UNE DIFFÉRENCE AVEC URANUS EST QUE VOYAGER 2 N'A PAS CLAIREMENT DÉTECTÉ D'AURORES DANS L'ATMOSPHÈRE DE NEPTUNE, PEUT-ÊTRE PARCE QUE L'INTENSITÉ DES AURORES ÉTAIT FAIBLE AU MOMENT DU SURVOL.

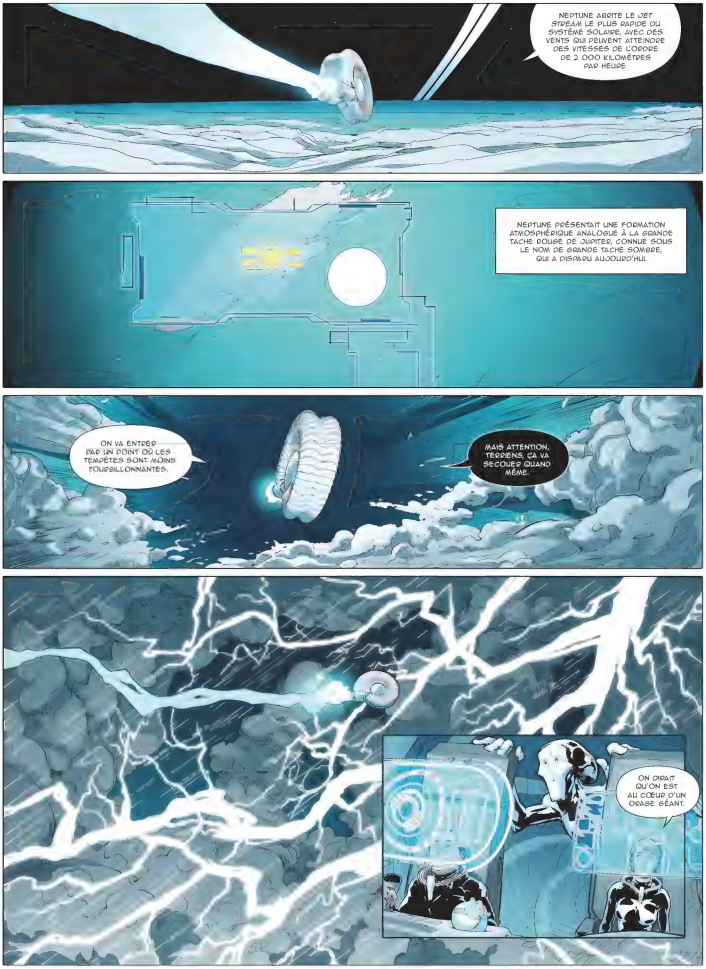
JE VOUS PROPOSE QUE NOUS ALLIONS VOIR DE PLUS PRÈS NEPTUNE ET SES PRINCIPAUX SATELLITES PAR NOUS-MÊMES, GRÂCE AUX NAVETTES DU VAISSEAU.
ON PEUT FAIRE DEUX ÉQUIPES : UNE POUR NEPTUNE ET UNE AUTRE POUR SES SATELLITES.

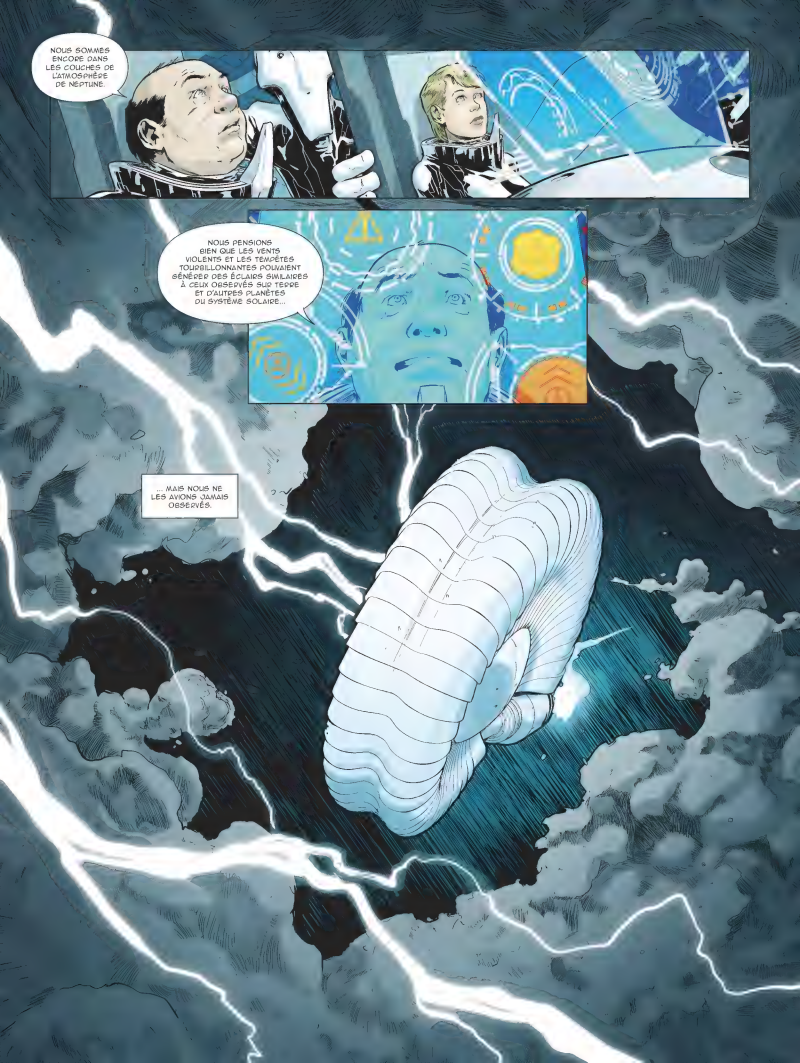

DANS LA PREMIÈRE NAVETTE...
CAP SUR NEPTUNE.
ET SI ON ESSAYAIT D'ENTRER DANS LES NUAGES AU LIEU DE LES SURVOLER SIMPLEMENT ?
DANS LA SECONDE NAVETTE...
ON PEUT ESSAYER D'EXPLORER LES AUTRES SATELLITES AVANT DE SE POSER SUR TRITON ?
OK POUR MOI.
SI ÇA VEUT DIRE OUI, ALORS "OK POUR MOI" !
NEPTUNE EST LA PLANÈTE LA PLUS ÉLOIGNÉE DU SOLEIL, ET DONC LA PLUS FROIDE. LES TEMPÉRATURES DANS SON ATMOSPHÈRE PEUVENT DESCENDRE JUSQU'À -220 DEGRÉS CELSIUS.
C'EST-À-DIRE -360 DEGRÉS FAHRENHEIT.
ET COMME LES AUTRES GÉANTES GAZEUSES DU SYSTÈME SOLAIRE, NEPTUNE POSSÈDE DES ANNEAUX.


COURAGE
LIBERTÉ
ÉGALITÉ 1
ÉGALITÉ 2
FRATERNITÉ
MOINS SPECTACULAIRES QUE CEUX DE JUPITER, SATURNE OU MÊME URANUS, LES CINQ ANNEAUX SONT COMPOSÉS DE POUSSIÈRES ET DE DÉBRIS.
MAIS SURTOUT, UN DES ANNEAUX, L'ANNEAU ADAMS, CONTIENT CE QU'ON APPELLE DES ARCS.

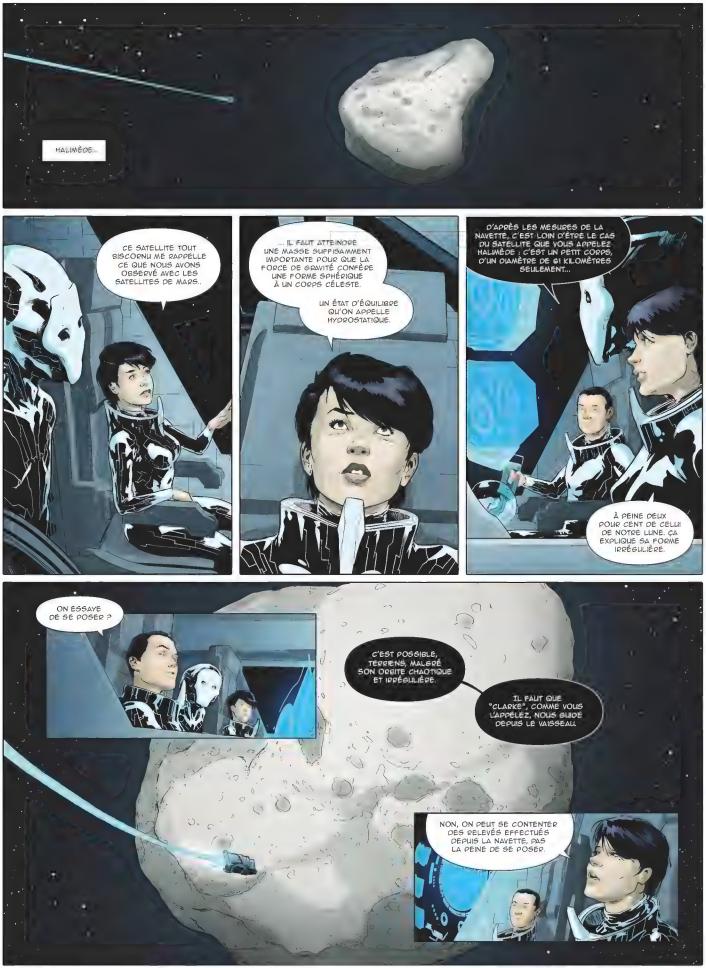
CES STRUCTURES ÉTRANGES SE DISTINGUENT PAR LEUR APPARENCE CLAIRE ET NETTE, EN CONTRASTE AVEC LES ANNEAUX PLUS DIFFUS DE LA PLANÈTE, COMME DES BANDES LUMINEUSES ET ÉTROITES.
ILS SONT DE MÊME COMPOSITION QUE LES ANNEAUX, MAIS BEAUCOUP PLUS DENSES.


ILS SONT AU NOMBRE DE QUATRE ET S'APPELLENT LIBERTÉ, ÉGALITÉ, FRATERNITÉ ET COURAGE. ILS ONT ÉTÉ IDENTIFIÉS EN 1984 PAR DES ÉQUIPES FRANÇAISE ET AMÉRICAINE.
COMMENT LES ARCS SE SONT-ILS FORMÉS ?
ON PENSE QUE C'EST L'INTERACTION GRAVITATIONNELLE AVEC LA LUNE GALATÉE QUI PERTURBE LES PARTICULES DE L'ANNEAU ADAMS ET PERMET DE CONFINER LES ARCS.
QUANT AUX PARTICULES DES ANNEAUX EN GÉNÉRAL, ELLES PROVIENNENT PROBABLEMENT DE L'ÉROSION DE PETITES LUNES SOUS L'EFFET DU BOMBARDEMENT MÉTÉORITIQUE.
MAIS AU PASSAGE, NOUS ALLONS PHOTOGRAPHIER TOUT ÇA ET RAMENER TOUS LES CLICHÉS SUR TERRE POUR TENTER DE TROUVER DES RÉPONSES.


NEPTUNE ABRITE LE JET STREAM LE PLUS RAPIDE DU SYSTÈME SOLAIRE, AVEC DES VENTS QUI PEUVENT ATTEINDRE DES VITESSES DE L'ORDRE DE 2 000 KILOMÈTRES PAR HEURE
NEPTUNE PRÉSENTAIT UNE FORMATION ATMOSPHÉRIQUE ANALOGUE À LA GRANDE TACHE ROUGE DE JUPITER, CONNUE SOUS LE NOM DE GRANDE TACHE SOMBRE, QUE A DISPARU AUJOURD'HUI.
ON VA ENTRER PAR UN POINT OÙ LES TEMPÊTES SONT MOINS TOURBILLONNANTES.
MAIS ATTENTION, TESSENS, ÇA VA SECOUER QUAND MÊME.
ON CROIT QU'ON EST AU CŒUR D'UN ORAGE GÉANT.


NOUS SOMMES ENCORE DANS LES COUCHES DE L'ATMOSPHÈRE DE NEPTUNE.
NOUS PENSIONS BIEN QUE LES VENTS VIOLENTS ET LES TEMPÊTES TOURBILLONNANTES POUVAIENT GÉNÉRER DES ÉCLAIRS SIMILAIRES À CEUX OBSERVÉS SUR TERRE ET D'AUTRES PLANÈTES DU SYSTÈME SOLAIRE...
... MAIS NOUS NE LES AVIONS JAMAIS OBSERVÉS.

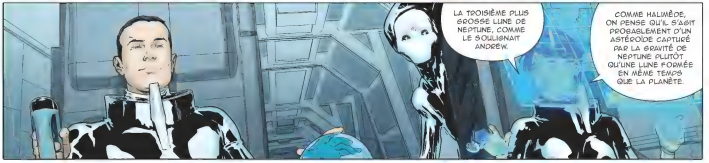
JE CROIS QUE NOUS AVONS PERDU LE CONTACT AVEC LA NAVETTE D'ANDREW, FRANCESCA ET POOLE.
ILS ONT OÙ DESCENDRE DANS LES COUCHES INTERNES DE LA PLANÈTE.
CELA T'INQUIÈTE ?
NON, NON, JE SAIS QU'ILS NE DESCENDRONT PAS TROP PROFONDÉMENT. ILS NE RISQUENT RIEN, N'EST-CE PAS, HAL ?
LE RISQUE ZÉRO N'EXISTE PAS, TERRIEN ALEXANDRE-MALLARD.
MERCI POUR TES ENCOURAGEMENTS, HAL !

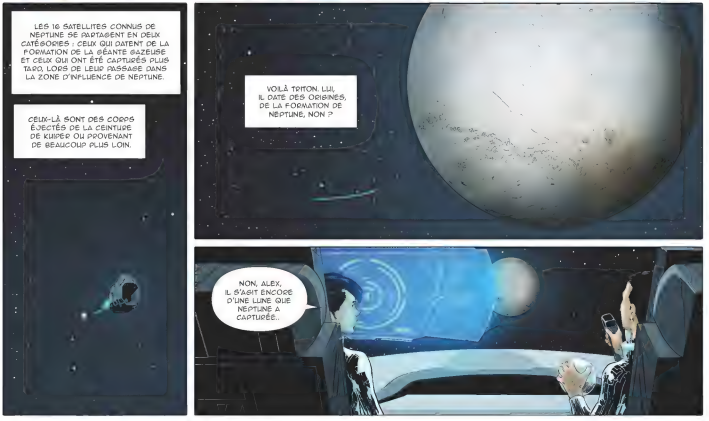

HALIMÈDE...
CE SATELLITE TOUT BIZCONNU ME RAPPELLE CE QUE NOUS AVONS OBSERVÉ AVEC LES SATELLITES DE MARS.
... IL FAUT ATTEINDRE UNE MASSE SUFFISAMMENT IMPORTANTE POUR QUE LA FORCE DE GRAVITÉ CONFÈRE UNE FORME SPHÉRIQUE À UN CORPS CÉLESTE.
UN ÉTAT D'ÉQUILIBRE QU'ON APPELLE HYDROSTATIQUE.
D'APRÈS LES MESURES DE LA NAVETTE, C'EST LOIN D'ÊTRE LE CAS DU SATELLITE QUE VOUS APPELEZ HALIMÈDE : C'EST UN PETIT CORPS, D'UN DIAMÈTRE DE 61 KILOMÈTRES SEULEMENT...
À PEINE DEUX POUR CENT DE CELUI DE NOTRE LUNE. ÇA EXPLIQUE SA FORME IRRÉGULIÈRE.
ON ESSAYE DE SE POSER ?
C'EST POSSIBLE, TEPPENS, MALGRÉ SON ORBITE CHAOTIQUE ET IRRÉGULIÈRE.
IL FAUT QUE "CLARKE", COMME VOUS L'APPELEZ, NOUS GUIDE DEPUIS LE VAISSEAU.
NON, ON PEUT SE CONTENTER DES RELEVÉS EFFECTUÉS DEPUIS LA NAVETTE, PAS LA PEINE DE SE POSER.

TU DIS ÇA PARCE QUE TU AS UN AUTRE OBJECTIF EN TÊTE, NON ?

TRITON, BIEN SÛR !

ÇA, C'EST NÉRÉIDE.


LA TROISIÈME PLUS GROSSE LUNE DE NEPTUNE, COMME LE SOULIGNAIT ANDREW.
COMME HALIMÈDE, ON PENSE QU'IL S'AGIT PROBABLEMENT D'UN ASTÉROÏDE CAPTURÉ PAR LA GRAVITÉ DE NEPTUNE PLUTÔT QU'UNE LUNE FORMÉE EN MÊME TEMPS QUE LA PLANÈTE.


LES 16 SATELLITES CONNUS DE NEPTUNE SE PARTAGENT EN DEUX CATÉGORIES : CEUX QUI DATENT DE LA FORMATION DE LA GÉANTE GAZEUSE ET CEUX QUI ONT ÉTÉ CAPTURÉS PLUS TARD, LORS DE LEUR PASSAGE DANS LA ZONE D'INFLUENCE DE NEPTUNE.
CEUX-LÀ SONT DES CORPS ÉJECTÉS DE LA CEINTURE DE KUIPER OU PROVENANT DE BEAUCOUP PLUS LOIN.
VOILÀ TRITON. LUI, IL DATE DES ORIGINES, DE LA FORMATION DE NEPTUNE, NON ?
NON, ALEX, IL S'AGIT ENCORE D'UNE LUNE QUE NEPTUNE A CAPTURÉE..

TRITON ORBITE DANS LE SENS RÉTROGRADE, C'EST-À-DIRE INVERSE AU SENS DE ROTATION DE SA PLANÈTE.
NOUS SOMMES POSÉS.
QUELLE EST LA TEMPÉRATURE ?
SELON VOS ÉCHELLES DE MESURE, JE DIRAIS -235 DEGRÉS CELSIUS. MAIS IL N'Y A PAS DE PROBLÈME AVEC NOS SCAPHANDRES.

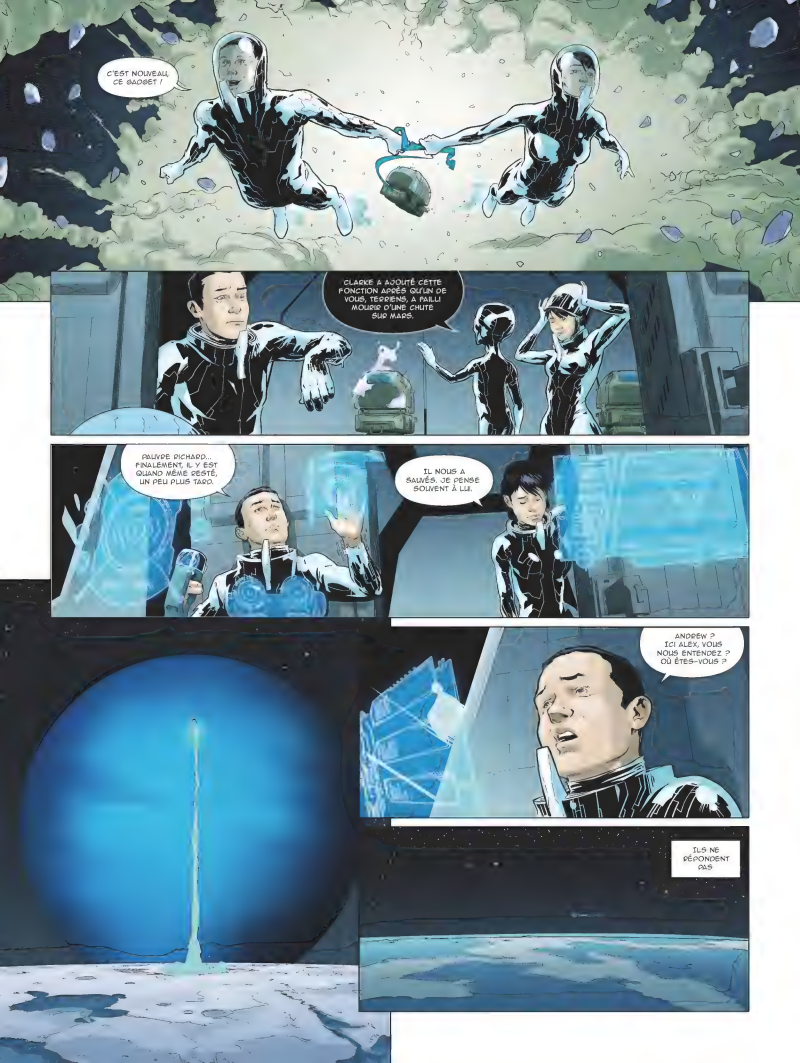
REGARDEZ CES FORMATIONS ! SI FRANCESCA ÉTAIT LÀ, ELLE POURRAIT NOUS RACONTER L'HISTOIRE GÉOLOGIQUE DE CE SATELLITE.
SES CARACTÉRISTIQUES PROCHES DE PLUTON DONNENT À PENSER QUE TRITON PROVIENT DE LA CEINTURE DE KUIPER
NOUS POURRONS EN APPRENDRE DAVANTAGE SUR SA COMPOSITION GRÂCE À CES ÉCHANTILLONS.
IL Y A UN OCÉAN SOUTERRAIN, C'EST ÇA ?

OUI, C'EST CE QU'ON PENSE.
MAIS CE N'EST PAS L'ORIGINE DES GEYSERS.
LES OCÉANS SUBGLACIAIRES, AVÉRÉS OU SUSPECTÉS, SONT FRÉQUENTS SOUS LA SURFACE DE NOMBREUX CORPS CÉLESTES DU SYSTÈME SOLAIRE COMME EUROPE, GANYMÈDE ET CALLISTO AUTOUR DE JUPITER, OU IMMAS, TITAN, DIONÉ ET ENCELADE AUTOUR DE SATURNE.
SOUS LA SURFACE DE CERTAINES PLANÈTES NAINES AUSSI : CÉRÈS OU PLUTON
JENNA, ATTENTION, TU NE DEVRAIS PAS T'APPROCHER SI PRÈS.
SI JE POUVAIS RECUEILLIR UN ÉCHANTILLON DES PETOMBÉES...

ALEX, ÇA VA ?
LE SCAPHANDRE ME PROTÈGE AUTOMATIQUEMENT, MAIS J'AI PEUR QU'IL SOIT ENDOMMAGÉ.

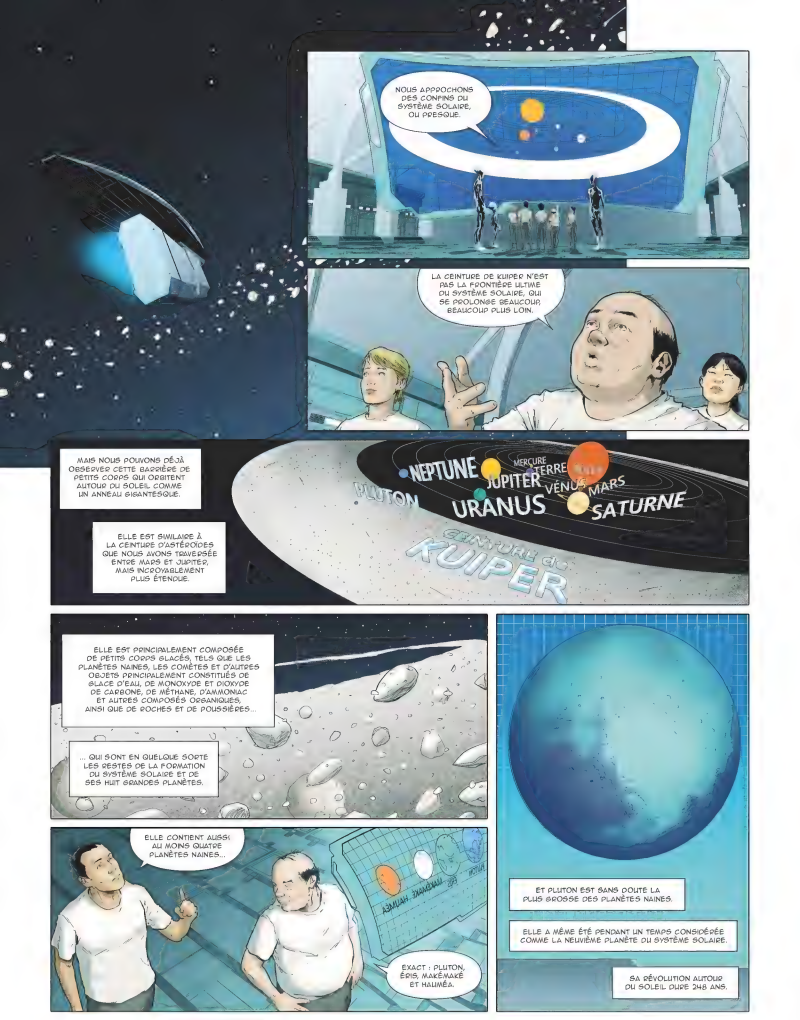
TERRIENS, REGARDEZ LA NAVETTE, LES SCAPHANDRES POURRAIENT NE PAS SUFFIRE À VOUS PROTÉGER.

UTILISEZ LA FONCTION DE PROPULSION DE VOS SCAPHANDRES.


C'EST NOUVEAU, CE GADGET !
CLARKE A AJOUTÉ CETTE FONCTION APRÈS QU'UN DE VOUS, TERRENS, A FAILLI MOURIR D'UNE CHUTE SUR MARS.
PAUVRE RICHARD... FINALEMENT, IL Y EST QUAND MÊME RESTÉ, UN PEU PLUS TARD.
IL NOUS A SAUVÉS. JE PENSE SOUVENT À LUI.
ANDREW ? ICI ALEX, VOUS NOUS ENTENDEZ ? OÙ ÊTES-VOUS ?
ILS NE RÉPONDENT PAS

ALEX, NOUS VOUS RECEVONS.
NOUS SOMMES DESCENDUS DANS LES COUCHES NUAGEUSES DE NEPTUNE POUR PRÉLEVER DES ÉCHANTILLONS LE PLUS PROFONDÉMENT POSSIBLE.
MAIS ÇA Y EST, ON A RÉUSSI À EN SORTIR ! ET VOUS ?
NOUS AVONS ÉCHAPPÉ DE PEU À UN GEYSER GÉANT...
J'AI BIEN FAILLI FINIR EN SURGELÉ !
NOUS REVIENDRONS, RENDEZ-VOUS À BORD DE L'AMERIGO !

TOUT S'EST BIEN PASSÉ ?
HONNÊTEMENT, CE N'ÉTAIT PAS UNE PROMENADE DE SANTÉ !
MAIS NOUS RAMENONS ÉNORMÉMENT D'INFORMATIONS, DES CLICHÉS, DES PRÉLÈVEMENTS...
SUR TERRE, ILS VONT HALLUCINER.


NOUS APPROCHONS DES CONFINS DU SYSTÈME SOLAIRE, OU PRESQUE.
LA CEINTURE DE KUIPER N'EST PAS LA FRONTIÈRE ULTIME DU SYSTÈME SOLAIRE. QUI SE PROLONGE BEAUCOUP, BEAUCOUP PLUS LOIN.
MAIS NOUS POUVONS DÉJÀ OBSERVER CETTE BARRIÈRE DE PETITS CORPS QUI ORBITENT AUTOUR DU SOLEIL, COMME UN ANNEAU GIGANTESQUE.
ELLE EST SIMILAIRE À LA CEINTURE D'ASTÉROÏDES QUE NOUS AVONS TRAVERSÉE ENTRE MARS ET JUPITER, MAIS INCOMPARABLEMENT PLUS ÉTENDUE.
NEPTUNE
MERCURE
JUPITER
TERRE
VÉNUS
MARS
PLUTON
URANUS
SATURNE
CEINTURE DE KUIPER
ELLE EST PRINCIPALEMENT COMPOSÉE DE PETITS CORPS GLACÉS, TELS QUE LES PLANÈTES NAINES, LES COMÈTES ET D'AUTRES OBJETS PRINCIPALEMENT CONSTITUÉS DE GLACE D'EAU, DE MONOXYDE ET DIOXYDE DE CARBONE, DE MÉTHANE, D'AMMONIAC ET AUTRES COMPOSÉS ORGANIQUES, AINSI QUE DE ROCHES ET DE POUSSIÈRES...
... QUI SONT EN QUELQUE SORTE LES RESTES DE LA FORMATION DU SYSTÈME SOLAIRE ET DE SES HUIT GRANDES PLANÈTES.
ELLE CONTIENT AUSSI AU MOINS QUATRE PLANÈTES NAINES...
EXACT : PLUTON, ÉRIS, MAKÉMAKÉ ET HAUMÉA.
ET PLUTON EST SANS DOUTE LA PLUS GROSSE DES PLANÈTES NAINES.
ELLE A MÊME ÉTÉ PENDANT UN TEMPS CONSIDÉRÉE COMME LA NEUVIÈME PLANÈTE DU SYSTÈME SOLAIRE.
SA RÉVOLUTION AUTOUR DU SOLEIL DURE 248 ANS.

CLYDE W. TOMBAUGH
NÉ LE 4 FÉVRIER 1906 À STREATOR DANS L'ILLINOIS ET MORT LE 17 JANVIER 1997 À LAS CRUCES AU NOUVEAU-MEXIQUE, L'ASTRONOME AMÉRICAIN CLYDE WILLIAM TOMBAUGH A DÉCOUVERT PLUTON EN 1930.

AU DÉPART, À L'OBSERVATOIRE DE FLAGSTAFF DANS L'ARIZONA, IL CHERCHAIT UNE CERTAINE "PLANÈTE X" DANS LA PROXIMITÉ DE NEPTUNE, DONT L'EXISTENCE AVAIT ÉTÉ PRÉDITE PAR UN CERTAIN PERCIVAL LOWELL, UN HOMME D'AFFAIRES, MATHÉMATICIEN ET ASTRONOME AMATEUR.

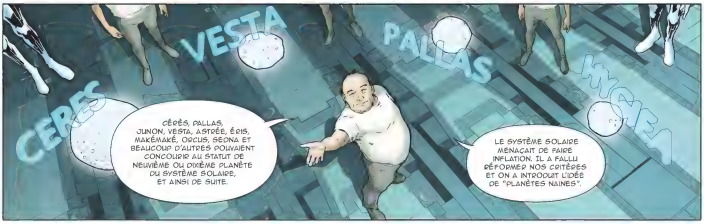
EN 1930, CLYDE PENSE L'AVOIR TROUVÉE. C'EST EN FAIT PLUTON QUI S'AVÉRERA N'AVOIR AUCUN RAPPORT AVEC LES CALCULS DE LOWELL.

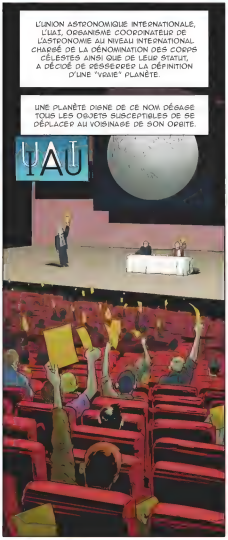
LE CHEF DE CLYDE TOMBAUGH À L'OBSERVATOIRE, VESTO SLIPHER, EST TELLEMENT JALOUX DE SA DÉCOUVERTE QU'IL LE LICENCIE.
PEINE PERDUE POUR ÉCARTER CLYDE. À FLAGSTAFF, TOUT LE MONDE SAIT CE QU'IL A RÉUSSI ET CLYDE DEVIENT UNE VEDETTE INTERNATIONALE DE L'ASTRONOMIE EN TANT QUE DÉCOUVREUR DE LA "NEUVIÈME PLANÈTE" DU SYSTÈME SOLAIRE.

PAR LA SUITE, CLYDE TOMBAUGH POURSUIT PENDANT TREIZE ANS LES RECHERCHES DE LA PLANÈTE X SANS JAMAIS LA TROUVER.
MAIS IL FAIT BIEN D'AUTRES DÉCOUVERTES DURANT SES OBSERVATIONS, COMME UNE NOVA EN 1932, DES COMÈTES, DE NOMBREUX ASTÉROÏDES, SIX AMAS D'ÉTOILES ET UN SUPERAMAS...

MAIS ALORS POURQUOI PLUTON A-T-ELLE CESSÉ D'ÊTRE CETTE NEUVIÈME PLANÈTE ?

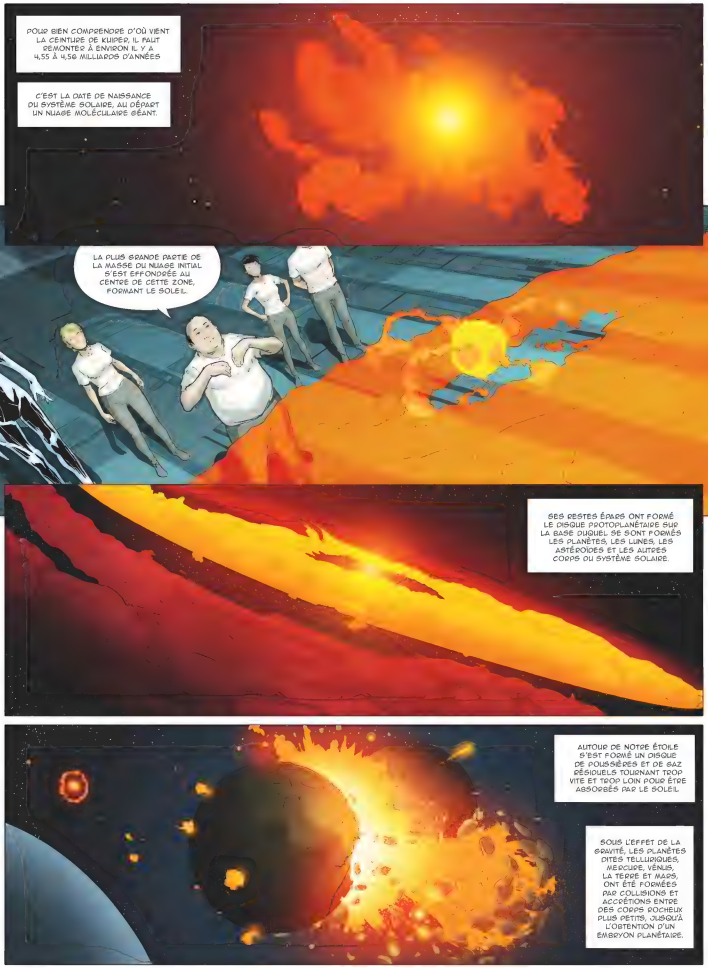
C'EST LA DÉCOUVERTE D'OBJETS TOUJOURS PLUS NOMBREUX, PLUS D'UN MILLIER, CERTAINS DE LA TAILLE DE PLUTON, QUI LUI A PORTÉ UN COUP FATAL.

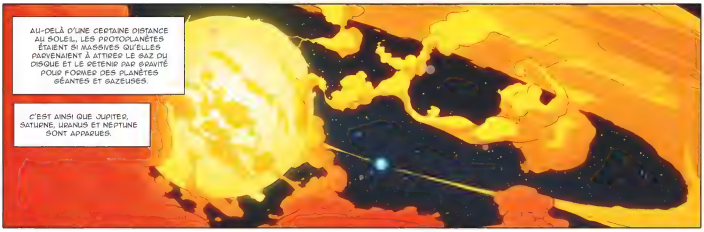

CÉRÈS, PALLAS, JUNON, VESTA, ASTRÉE, ÉRIS, MAKÉMAKÉ, OGYUS, SEDNA ET BEAUCOUP D'AUTRES POUVAIENT PRÉTENDRE AU STATUT DE NEUVIÈME OU DIXIÈME PLANÈTE DU SYSTÈME SOLAIRE, ET AINSI DE SUITE.
LE SYSTÈME SOLAIRE MENAÇAIT DE FAIRE INFLATION. IL A FALLU RÉFORMER NOS CRITÈRES ET ON A INTRODUIT L'IDÉE DE "PLANÈTES NAINES".
CERES
VESTA
PALLAS
HYGIEA


L'UNION ASTRONOMIQUE INTERNATIONALE, L'UAI, ORGANISME COORDINATEUR DE L'ASTRONOMIE AU NIVEAU INTERNATIONAL CHARGÉ DE LA DÉNOMINATION DES CORPS CÉLESTES AINSI QUE DE LEUR STATUT, A DÉCIDÉ DE REDÉFINIR LA DÉFINITION D'UNE "VRAIE" PLANÈTE.
UNE PLANÈTE DIGNE DE CE NOM DÉGAGE TOUS LES OBJETS SUSCEPTIBLES DE SE DÉPLACER AU VOISINAGE DE SON ORBITE.
UAI

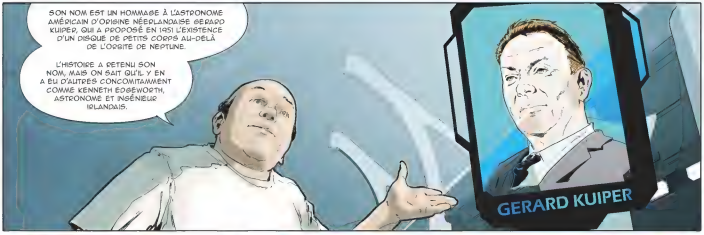
LES PLANÈTES NAINES, ET NOTAMMENT CELLES SE TROUVANT DANS LA CEINTURE DE KUIPER, ONT ÉTÉ AINSI REQUALIFIÉES.

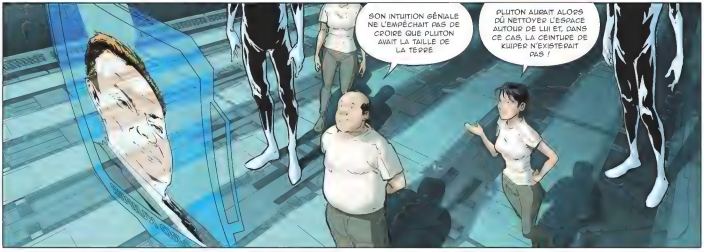
MAIS REVENONS À LA CEINTURE DE KUIPER AU SEIN DE LAQUELLE PLUTON ET SES CONSŒURS ORBITENT...


POUR BIEN COMPRENDRE D'OÙ VIENT LA CEINTURE DE KUIPER, IL FAUT REMONTER À ENVIRON 4, 7 À 4,55 À 4,56 MILLIARDS D'ANNÉES
C'EST LA DATE DE NAISSANCE DU SYSTÈME SOLAIRE, AU DÉPART UN NUAGE MOLÉCULAIRE GÉANT.
LA PLUS GRANDE PARTIE DE LA MASSE DU NUAGE INITIAL S'EST EFFONDRÉE AU CENTRE DE CETTE ZONE, FORMANT LE SOLEIL.
SES RESTES ÉPARS ONT FORMÉ LE DISQUE PROTOPLANÉTAIRE SUR LA BASE DUQUEL SE SONT FORMÉS LES PLANÈTES, LES LUNES, LES ASTÉROÏDES ET LES AUTRES CORPS DU SYSTÈME SOLAIRE.
AUTOUR DE NOTRE ÉTOILE S'EST FORMÉ UN DISQUE DE POUSSIÈRES ET DE GAZ RÉSIDUELS TOURNANT TROP VITE ET TROP LOIN POUR ÊTRE ABSORBÉS PAR LE SOLEIL.
SOUS L'EFFET DE LA GRAVITÉ, LES PLANÈTES DITES TELLURIQUES, MERCURE, VÉNUS, LA TERRE ET MARS, ONT ÉTÉ FORMÉES PAR COLLISIONS ET ACCRÉTIONS ENTRE DES CORPS ROCHEUX PLUS PETITS, JUSQU'À L'OBTENTION D'UN EMBRYON PLANÉTAIRE.


AU-DELÀ D'UNE CERTAINE DISTANCE AU SOLEIL, LES PROTOPLANÈTES ÉTAIENT SI MASSIVES QU'ELLES PARVENAIENT À ATTIRER LE GAZ DU DISQUE ET LE RETENIR PAR GRAVITÉ POUR FORMER DES PLANÈTES GÉANTES ET GAZEUSES.
C'EST AINSI QUE JUPITER, SATURNE, URANUS ET NEPTUNE SONT APPARUES.

ET LES DÉBRIS, LES RESTES DE TOUT CE CHAOS DES ORIGINES, CE SONT LES PETITS CORPS : ASTÉROÏDES ET COMÈTES.
COMME CEUX QU'ON TROUVE DANS LA CEINTURE DE KUIPER.
EXACTEMENT !

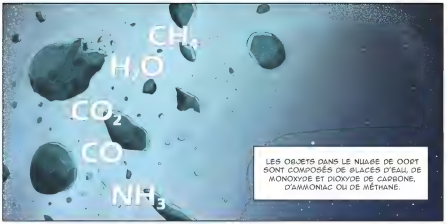

SON NOM EST UN HOMMAGE À L'ASTRONOME AMÉRICAIN D'ORIGINE NÉERLANDAISE GERARD KUIPER, QUI A PRÉDIT EN 1951 L'EXISTENCE D'UN DISQUE DE PETITS CORPS AU-DELÀ DE L'ORBITE DE NEPTUNE.
L'HISTOIRE A RETENU SON NOM, MAIS ON SAIT QUE, Y EN A EU D'AUTRES CONCOMITAMMENT COMME KENNETH EDGEWORTH, ASTRONOME ET INGÉNIEUR IRLANDAIS.
GERARD KUIPER


SON INTUITION GÉNIALE NE L'EMPÊCHAIT PAS DE CROIRE QUE PLUTON AVAIT LA TAILLE DE LA TERRE
PLUTON AURAIT ALORS DÛ NETTOYER L'ESPACE AUTOUR DE LUI ET, DANS CE CAS, LA CEINTURE DE KUIPER N'EXISTERAIT PAS !

BIEN AU-DELÀ DE LA CEINTURE DE KUIPER ET SES MIETTES DU DISQUE PROTOPLANÉTAIRE SE TROUVE LE NUAGE DE OORT.
CONTRAIREMENT AUX CEINTURES D'ASTÉROÏDES QUI FORMENT DES ANNEAUX, LE NUAGE DE OORT SE PRÉSENTE COMME UNE SPHÈRE OU UNE COQUILLE QUI ENVELOPPE LITTÉRALEMENT LE SYSTÈME SOLAIRE.

SA DISTANCE DÉFIE L'IMAGINATION : ENTRE 2 000 ET 100 000 UNITÉS ASTRONOMIQUES...
SOLEIL
149 597 870 700 m
T
... SACHANT QU'UNE SEULE UNITÉ ASTRONOMIQUE MESURE 150 MILLIONS DE KILOMÈTRES, APPROXIMATIVEMENT LA DISTANCE ENTRE LA TERRE ET LE SOLEIL !

ET LE SOLEIL EXERCE ENCORE SON INFLUENCE JUSQUE-LÀ ?
ON PENSE QUE LA FRONTIÈRE GRAVITATIONNELLE DU SYSTÈME SOLAIRE SE SITUE À LA LIMITE EXTÉRNE DU NUAGE DE OORT, À PLUS D'UN MILLIER DE FOIS LA DISTANCE SÉPARANT LE SOLEIL DE NEPTUNE, ENTRE UNE ET DEUX ANNÉES-LUMIÈRE DU SOLEIL ET PLUS DU QUART DE LA DISTANCE A PROXIMA DE CENTAURE, L'ÉTOILE LA PLUS PROCHE DU SOLEIL.

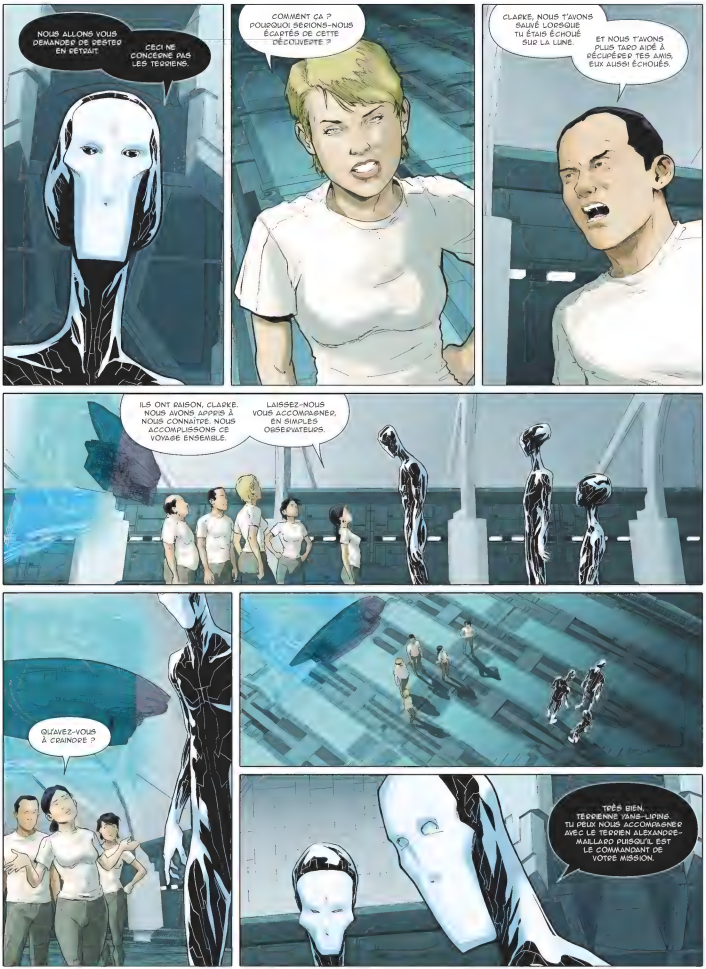

CH_4
H_2O
CO_2
CO
NH_3
LES OBJETS DANS LE NUAGE DE OORT SONT COMPOSÉS DE GLACES D'EAU, DE MONOXYDE ET DIOXYDE DE CARBONE, D'AMMONIAC OU DE MÉTHANE.

CES OBJETS SE SONT FORMÉS PLUS PRÈS DU SOLEIL ET ONT ÉTÉ DISPERSÉS LOIN DANS L'ESPACE PAR LES EFFETS GRAVITATIONNELS DES PLANÈTES GÉANTES, AU DÉBUT DE L'ÉVOLUTION DU SYSTÈME SOLAIRE. D'OÙ SA FORME DE COQUILLE.

LE NUAGE DE OORT, AVEC LA CEINTURE DE KUIPER, SERAIT LE GRAND POURVOYEUR DES COMÈTES QUI TRAVERSENT RÉGULIÈREMENT LE SYSTÈME SOLAIRE.
COMME LA COMÈTE DE HALLEY QUI PASSE PÉRIODIQUEMENT DANS NOTRE CIEL.

NOS DÉTECTEURS ONT FAIT UNE DÉCOUVERTE SINGULIÈRE.

C'EST EXTRAORDINAIRE, IL EST IMMENSE !
C'EST L'UN DE VOS VAISSEAUX ?
EN EFFET, TERRIENS. CE VAISSEAU FAIT PARTIE DU CONVOI QUI A QUITTÉ NOTRE PLANÈTE NATALE VOICI 2 500 DE VOS ANNÉES.
IL EST TRÈS PRÉCIEUX À NOS YEUX. NOUS ALLONS L'ABORDER.

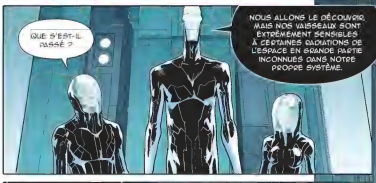

NOUS ALLONS VOUS DEMANDER DE RESTER EN RETRAIT
CECI NE CONCERNE PAS LES TERRIENS.
COMMENT ÇA ? POURQUOI SERIONS-NOUS ÉCARTÉS DE CETTE DÉCOUVERTE ?
CLARKE, NOUS T'AVONS SAUVÉ LORSQUE TU ÉTAIS ÉCHOUÉ SUR LA LUNE.
ET NOUS T'AVONS PLUS TARD AIDÉ À RÉCUPÉRER TES AMIS, EUX AUSSI ÉCHOUÉS.
ILS ONT RAISON, CLARKE. NOUS AVONS APPRIS À NOUS CONNAÎTRE. NOUS ACCOMPLIRIONS CE VOYAGE ENSEMBLE.
LAISSEZ-NOUS VOUS ACCOMPAGNER, EN SIMPLES OBSERVATEURS.
QUAVEZ-VOUS À CRAINDRE ?
TRÈS BIEN, TERRIENNE YANG-LIPING. TU PEUX NOUS ACCOMPAGNER AVEC LE TERRIEN ALEXANDRE-MALLARD PUISQU'IL EST LE COMMANDANT DE VOTRE MISSION.

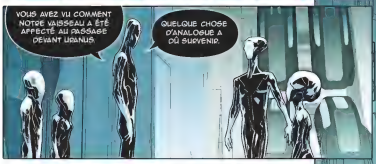
NOUS N'AVONS PU ÉTABLIR AUCUN CONTACT.
JE CRAINS QUE NOUS NE TROUVIONS PERSONNE VIVANT À L'INTÉRIEUR.
ACCOSTAGE RÉUSSI.

WAOUH ! C'EST... C'EST ÉNORME !
CE VAISSEAU EST TOTALEMENT DIFFÉRENT DU TIEN, CLARKE. INCROYABLE !
C'EST UN NAVIRE DE GUERRE, C'EST ÇA ?
PAS DU TOUT, TERRIEN ALEXANDRE-MAILLARD. DE TELS VAISSEAUX N'EXISTENT PAS CHEZ NOUS.
ALLONS, TU NE VAS PAS ME FAIRE CROIRE QUE VOUS ÊTES UN PEUPLE BIZARRE, BON ET NAÏF !
TERRIEN ALEXANDRE-MAILLARD, SELON VOS CRITÈRES CONCERNANT CETTE EXPRESSION, LE NAÏF, C'EST TOI.
S'IL N'EXISTE PAS DE NAVIRE DE GUERRE CHEZ NOUS, C'EST TOUT SIMPLEMENT PARCE QUE N'IMPORTE LEQUEL DE NOS VAISSEAUX EST CAPABLE DE RAYER LA VIE SUR TOUT MONDE COMPARABLE À VOTRE TERRE.

ALORS POURQUOI EST-IL AUSSI DIFFÉRENT ? QU'EST-CE QU'IL TRANSPORTE ?
UNE CARGAISON INFINIMENT PRÉCIEUSE POUR NOUS, TERRIENS YANG-LIPINS.

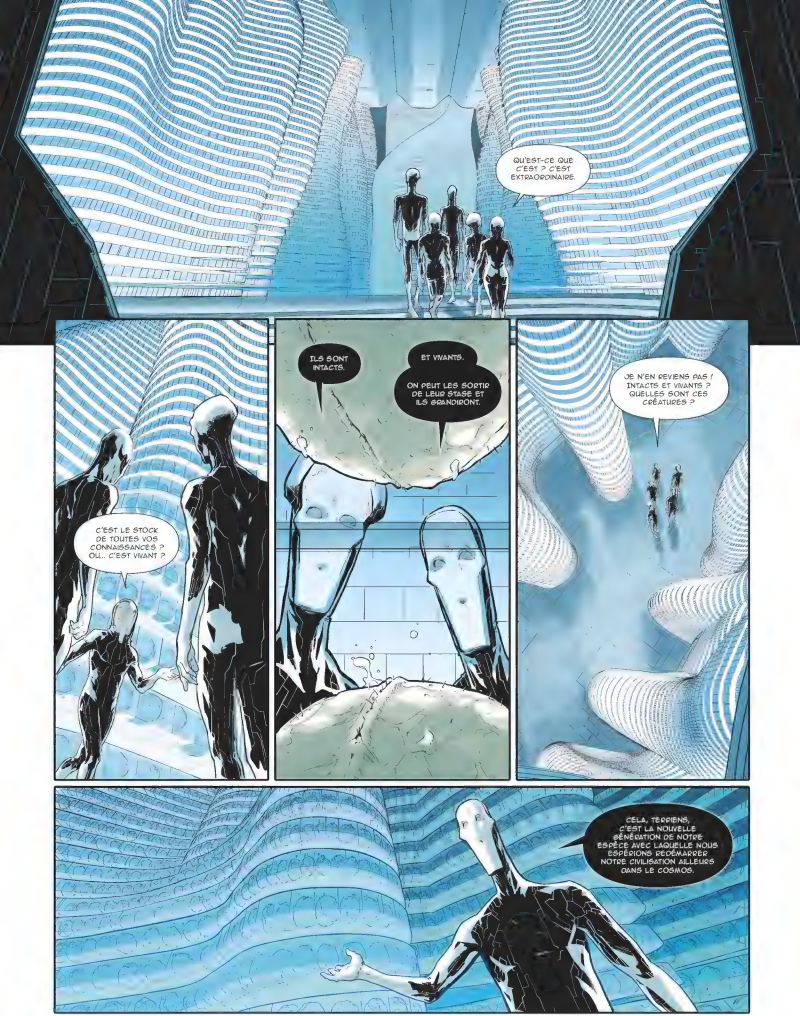
ILS SONT TOUS MORTS.
AUCUNE EXCEPTION.


QUE S'EST-IL PASSÉ ?
NOUS ALLONS LE DÉCOUVRIR. MAIS NOS VAISSEAUX SONT EXTRÊMEMENT SENSIBLES À CERTAINES OSCILLATIONS DE L'ESPACE EN GRANDE PARTIE INCONNUES DANS NOTRE PROPRE SYSTÈME.


VOUS AVEZ VU COMMENT NOTRE VAISSEAU A ÉTÉ AFFECTÉ AU PASSAGE DEVANT URANUS
QUELQUE CHOSE D'ANALOGUE A DÛ SURVENIR.

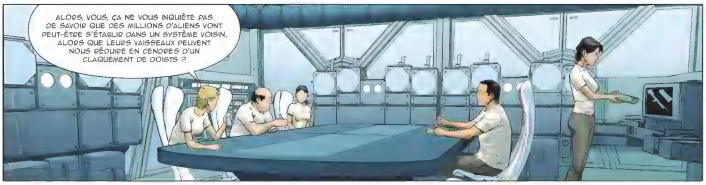
AUCUN PASSAGER N'A SURVÉCU. CE SONT DONC LES CAISSONS QUI ONT ÉTÉ BRUSQUEMENT DÉFECTUEUX.
VOTRE SYSTÈME SOLAIRE EST REMPLI DE PIÈGES POUR NOUS, TERRIENS.

MAINTENANT, C'EST LA QUESTION LA PLUS IMPORTANTE QUI SE POSE...


QU'EST-CE QUE C'EST ? C'EST EXTRAORDINAIRE.
C'EST LE STOCK DE TOUTES VOS CONNAISSANCES ? OUI... C'EST VIVANT ?
ILS SONT INTACTS.
ET VIVANTS.
ON PEUT LES SORTIR DE LEUR STASE ET ILS GRANDIRONT.
JE N'EN REVIENS PAS ! INTACTS ET VIVANTS ? QUELLES SONT CES CRÉATURES ?
CELA, TERRIENS, C'EST LA NOUVELLE GÉNÉRATION DE NOTRE ESPÈCE AVEC LAQUELLE NOUS ESPÉRIONS DÉDOMMAGER NOTRE CIVILISATION AILLEURS DANS LE COSMOS.

IL Y EN A DES MILLIONS !
CE VAISSEAU N'EST QU'UN PARMI LES CENTAINES QUI SONT PARTIS À L'ORIGINE DE NOTRE BERCEAU PLANÉTAIRE.
NOUS NE RETROUVERONS HÉLAS JAMAIS LE CONVOI QUI, EN 2 500 DE VOS ANNÉES, A PU ATTEINDRE UNE GALAXIE EXTRÊMEMENT LOINTAINE.
EN ESPÉRANT QUE LE CONVOI EST ARRIVÉ À BON PORT ET QU'AUCUN MALHEUR COMME CEUX QUI NOUS ONT FRAPPÉS NE LES A EUX AUSSI FAIT ÉCHOUER DANS LEUR QUÊTE D'UN MONDE NOUVEAU.
QU'EST-CE QUE VOUS ALLEZ FAIRE, MAINTENANT ? JE VEUX DIRE... AVEC TOUT ÇA ? TOUS CES... EMBRYONS ?
JE VOUS RAMÈNE À BORD DE NOTRE VAISSEAU.

TERRIENS, NOUS ALLONS DEVOIR RESTER QUELQUE TEMPS DANS CE SECTEUR.
NOUS ALLONS D'ABORD RÉPARER LE VAISSEAU POUR QU'IL PUISSE REPARTIR AVEC SA CARGAISON.
HAL ET POOLE EN PRENDRONT LES COMMANDES.
ILS RECOMMENCERONT LA QUÊTE D'UN MONDE NOUVEAU POUR QUE CES MILLIONS DE COPIES DE NOUS-MÊMES PUISSENT ÉCLORE ET VIVRE.
MAIS C'EST GÉNIAL, CLARKE ! ET TOI, TU CONTINUES AVEC NOUS ?
LA MISSION SE POURSUIT.
OUI, TERRIENNE VANG-LIPINS.
DÈS QUE POSSIBLE, NOUS REPRENDRONS NOTRE VOYAGE, CETTE FOIS VERS VOS PLANÈTES LES PLUS PROCHES DU SOLEIL.

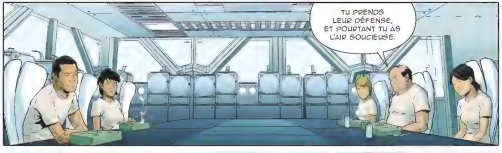

ALORS, VOUS, ÇA NE VOUS INQUIÈTE PAS DE SAVOIR QUE DES MILLIONS D'ALIENS VONT PEUT-ÊTRE S'ÉTABLIR DANS UN SYSTÈME VOISIN, ALORS QUE LEURS VAISSEAUX PEUVENT NOUS DÉTRUIRE EN CENDRES D'UN CLAQUEMENT DE DOIGTS ?

ET ALORS ? IL FAUDRAIT FAIRE SAUTER LE VAISSEAU-COUVEUSE ?

IL Y A PEU, J'AI FAIT UN RÊVE EFFROYANT OÙ ILS SE METTAIENT À PROLIFÉRER ET OÙ ILS ÉTAIENT HOSTILES.

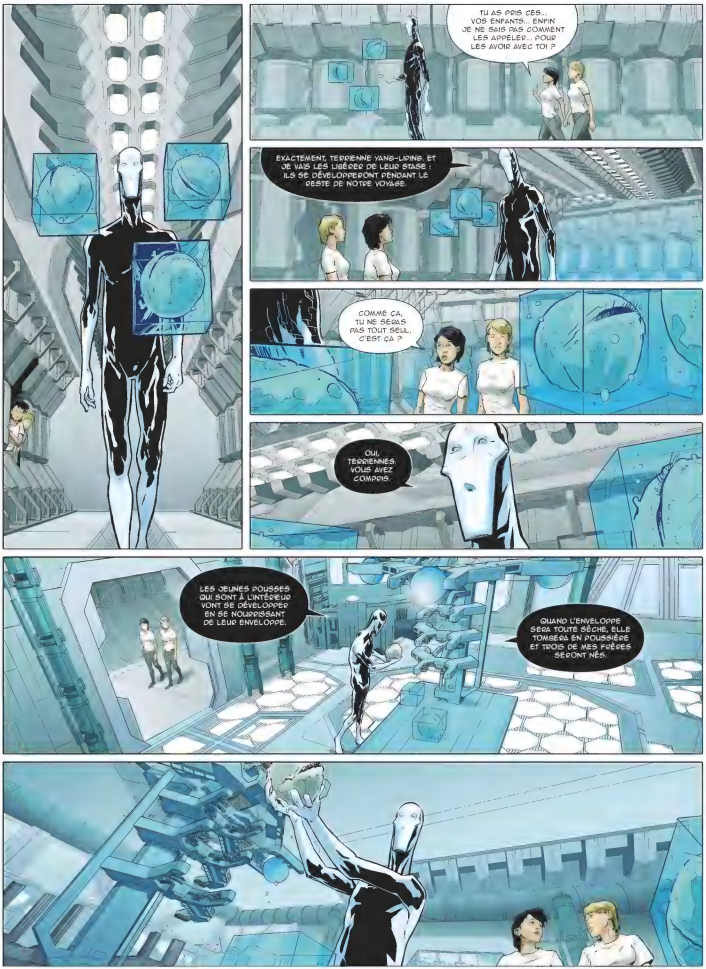
MAIS CE N'ÉTAIT QU'UN CAUCHEMAR, NON ?
ILS N'ONT JAMAIS MANIFESTÉ D'INTENTIONS HOSTILES À NOTRE ÉGARD, AU CONTRAIRE.

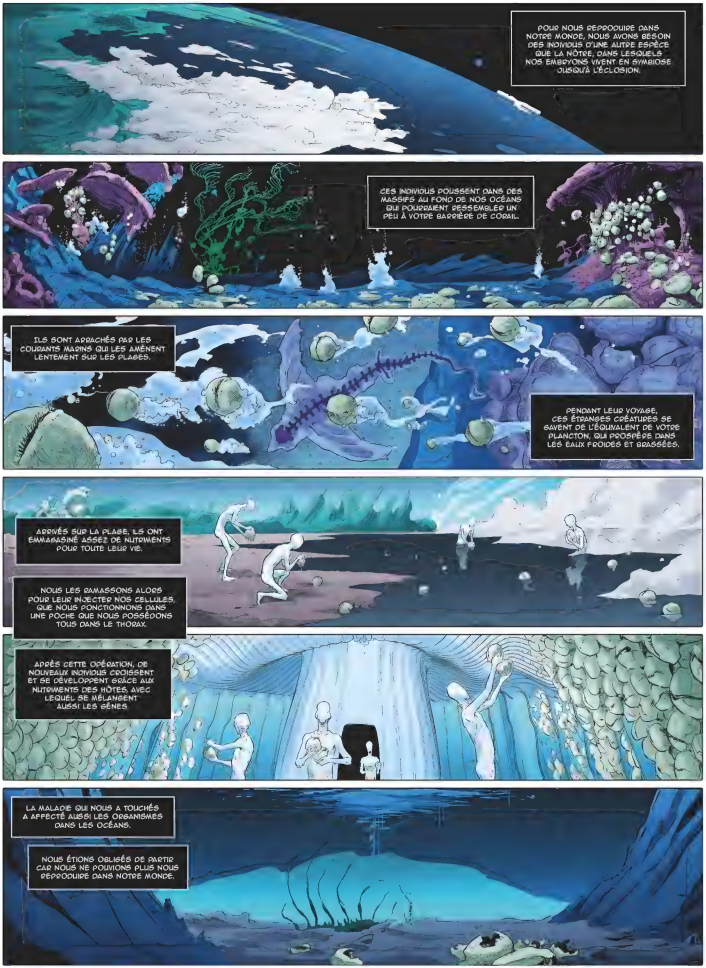
C'EST PEUT-ÊTRE VRAI POUR CLARKE...
... MAIS RAPPELEZ-VOUS L'ATTITUDE DES AUTRES, AU DÉBUT

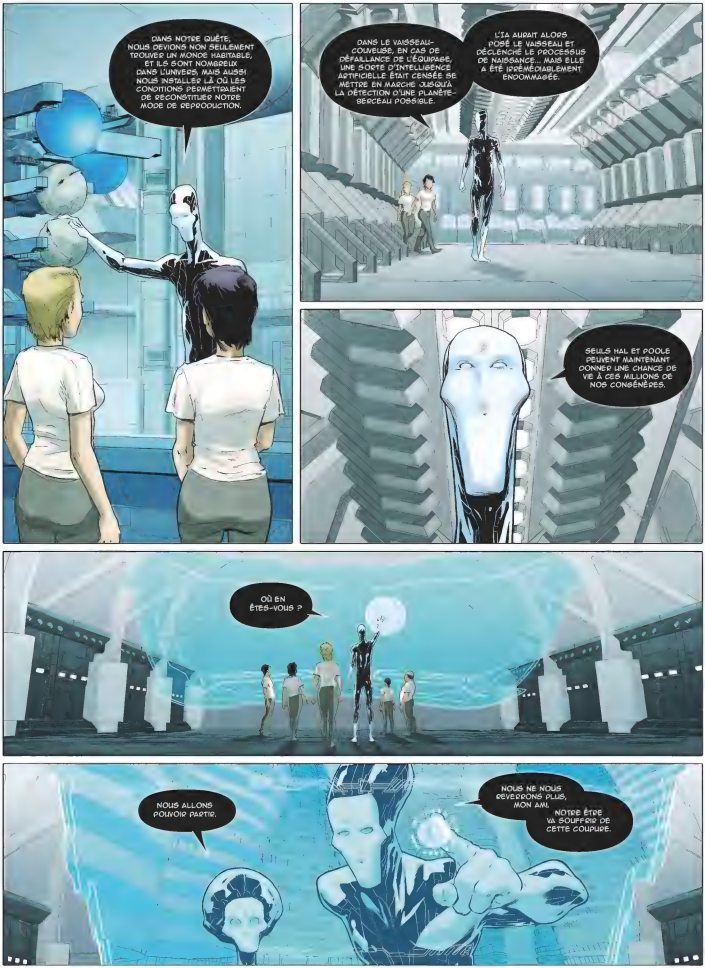

TU PRENDS LEUR DÉFENSE, ET POURTANT TU AS L'AIR SOUCIEUSE.

OH, MOI, C'EST SURTOUT POUR CLARKE QUE JE M'INQUIÈTE.
IL VA SE RETROUVER TOUT SEUL À NOUVEAU

IL VA SE REMETTRE À DÉPÉRIR.


TU AS PRIS CES... VOS ENFANTS... ENFIN JE NE SAIS PAS COMMENT LES APPELER... POUR LES AVOIR AVEC TOI ?
EXACTEMENT, TERRIENNE YANG-LI'ING. ET JE VAIS LES LIBÉRER DE LEUR STASE : ILS SE DÉVELOPPERONT PENDANT LE RESTE DE NOTRE VOYAGE.
COMME ÇA, TU NE SERAS PAS TOUT SEUL, C'EST ÇA ?
OUI, TERRIENNES. VOUS AVEZ COMPRIS.
LES JEUNES POUSSES QUI SONT À L'INTÉRIEUR VONT SE DÉVELOPPER EN SE NOURRISSANT DE LEUR ENVELOPPE.
QUAND L'ENVELOPPE SERA TOUTE SÈCHE, ELLE TOMBERA EN POUSSIÈRE. ET TROIS DE MES FOÈRES SERONT NÉS.


POUR NOUS REPRODUIRE DANS NOTRE MONDE, NOUS AVONS BESOIN DES INDIVIDUS D'UNE AUTRE ESPÈCE QUE LA NÔTRE, DANS LESQUELS NOS EMBRYONS VIVENT EN SYMBIOSE JUSQU'À L'ÉCLOSION.
CES INDIVIDUS POUSSENT DANS DES MASSIFS AU FOND DE NOS OCÉANS QUI POURRAIENT RESSEMBLER UN PEU À VOTRE BARRIÈRE DE CORAIL.
ILS SONT ARRACHÉS PAR LES COURANTS MARINS QUI LES AMÈNENT LENTEMENT SUR LES PLAGES.
PENDANT LEUR VOYAGE, CES ÉTRANGES CRÉATURES SE FONT DE L'ÉQUIVALENT DE VOTRE PLANCTON, QUI PROSPÈRE DANS LES EAUX FROIDES ET BRASSÉES.
ARRIVÉS SUR LA PLAGE, ILS ONT EMMAGASINÉ ASSEZ DE NUTRIMENTS POUR TOUTE LEUR VIE.
NOUS LES RAMASSONS ALORS POUR LEUR INJECTER NOS CELLULES, QUE NOUS FONCTIONNONS DANS UNE POCHE QUE NOUS POSSÉDONS TOUS DANS LE THORAX.
APRÈS CETTE OPÉRATION, DE NOUVEAUX INDIVIDUS CROISSENT ET SE DÉVELOPPENT GRÂCE AUX NUTRIMENTS DES HÔTES, AVEC LEQUEL SE MÉLANGENT AUSSI LES GÈNES.
LA MALADIE QUI NOUS A TOUCHÉS A AFFECTÉ AUSSI LES ORGANISMES DANS LES OCÉANS.
NOUS ÉTIONS OBLIGÉS DE PARTIR CAR NOUS NE POUVIONS PLUS NOUS REPRODUIRE DANS NOTRE MONDE.

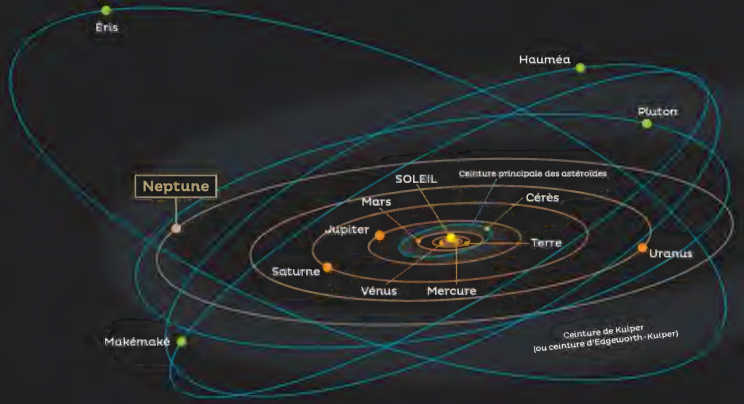

DANS NOTRE QUÊTE, NOUS DEVIONS NON SEULEMENT TROUVER UN MONDE HABITABLE, ET ILS SONT NOMBREUX DANS L'UNIVERS, MAIS AUSSI NOUS INSTALLER LÀ OÙ LES CONDITIONS PERMETTRAIENT DE RECONSTITUER NOTRE MODE DE REPRODUCTION.
DANS LE VAISSEAU-COUVEUSE, EN CAS DE DÉFAILLANCE DE L'ÉQUIPAGE, UNE SORTE D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ÉTAIT CENSÉE SE METTRE EN MARCHE JUSQU'À LA DÉTECTION D'UNE PLANÈTE-BERCEAU POSSIBLE.
L'IA AURAIT ALORS POSÉ LE VAISSEAU ET DÉCLENCHÉ LE PROCESSUS DE NAISSANCE... MAIS ELLE A ÉTÉ IRRÉMÉDIABLEMENT ENDOMMAGÉE.
SEULS HAL ET POOLE PEUVENT MAINTENANT DONNER UNE CHANCE DE VIE À CES MILLIONS DE NOS CONGÉNÈRES.
OÙ EN ÊTES-VOUS ?
NOUS ALLONS POUVOIR PARTIR.
NOUS NE NOUS REVERRONS PLUS, MON AMI.
NOTRE ÊTRE VA SOUFFRIR DE CETTE COUPURE.

OOOH...
FRANCESCA, ÇA VA ?
J'AI LA TÊTE QUI TOURNE, LA NAUSÉE...

J'AI FAIT UN MALAISE.
JE NE SAIS PAS CE QUE J'AI
ÇA VA MIEUX ?
NON !
C'EST LA PREMIÈRE FOIS QUE CELA LUI ARRIVE ?
OUI, JE CROIS.
LE BLOC MÉDICAL PERMET DE RÉGÉNÉRER LES TISSUS, DONC IL MARCHE AUSSI BIEN POUR NOS ORGANISMES QUE POUR LES VÔTRES, TERRIEN ALEXANDRE-MALLARD.
MAIS LÀ, JE NE VOIS PAS QUOI FAIRE. IL N'Y A PAS DE LÉSION.

IL Y A PEUT-ÊTRE UN CORPS ÉTRANGER, LÀ !
MÊME SI LES CAPTEURS NE L'IDENTIFIENT PAS COMME TEL.
UN CORPS ÉTRANGER ? FAIS VOIR !
NON LO CREDO!

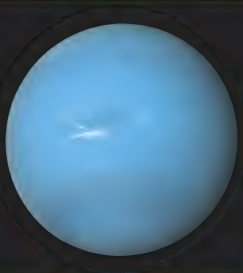
FIN DE L'ÉPISODE.
À SUIVRE DANS :
VÉNUS LA FOURNAISE ACIDE



À LA DÉCOUVERTE DE NEPTUNE

NEPTUNE, huitième et dernière planète du Système solaire en partant du Soleil, est une géante gazeuse – qualifiée, comme Uranus, de géante de glaces – située à 4,5 milliards de kilomètres de notre étoile. Elle orbite autour du Soleil sur une orbite quasi circulaire en près de 165 ans. Seule des huit planètes connues à avoir été découverte, en 1846, grâce à des calculs mathématiques prédictifs plutôt que par l'observation empirique, elle a été baptisée Neptune, comme le dieu de la Mer dans la mythologie romaine, en harmonie avec sa teinte bleutée caractéristique due à la présence de méthane dans son atmosphère. Contrairement à l'atmosphère brumeuse et peu active d'Uranus, l'atmosphère de Neptune est très dynamique, avec les vents les plus rapides du Système solaire et de vastes tempêtes tourbillonnantes apparaissant comme des taches sombres. Neptune possède un noyau rocheux entouré de glaces et d'une épaisse atmosphère gazeuse. Elle possède aussi un système d'anneaux peu denses, fragmentés en arcs brillants et en bandes sombres. Neptune effectue une rotation sur elle-même en un peu plus de 16 heures, autour d'un axe incliné à environ 29° par rapport à la perpendiculaire au plan de son orbite. Comme son champ magnétique est lui-même incliné de 47° par rapport à son axe de rotation, sa magnétosphère change radicalement de configuration deux fois par tour. On connaît seize lunes de Neptune. La plus grande, Triton, est le seul gros satellite connu du Système solaire à avoir une orbite rétrograde (dans le sens opposé de la rotation de la planète).

Dossier préparé par le comité scientifique suivant, composé d'astrophysiciens et astrophysicienne à l'Observatoire de Paris - Université Paris Sciences et Lettres :
Bruno BÉZARD, Nicolas BIVER, Xavier BONNIN, Alain DORESSOUNDIRAM, Laurent LAMY, Milan MAKSIMOVIC, Sandrine VINATIER et Philippe ZARKA.



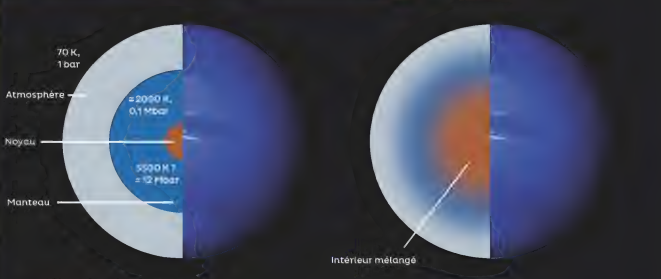
NEPTUNE - FICHE D'IDENTITÉ

Diamètre équatorial / polaire : 49 528 km / 48 682 km
Masse : 17,5 x masse Terre
Densité : 1,638
Distance moyenne au Soleil : 30,07 ua
(entre 4,459 et 4,537 milliards de km)
Distance à la Terre : 28,7 à 31,3 ua (4,3 à 4,7 milliards de km)
Période de rotation : 16 h 07 min
Période de révolution : 164,86 ans
Inclinaison de l'axe de rotation : 28,3°
Pesanteur à l'équateur / aux pôles : 1,11 g / 1,16 g
Nombre de satellites naturels : 16 (au 01/01/2025)

g = accélération moyenne de la pesanteur terrestre = 9,807 m/s²

Neptune photographiée par la mission Voyager 2 le 17 août 1989.
© NASA/JPL-Caltech/B. Jónsson

STRUCTURE INTERNE DE NEPTUNE

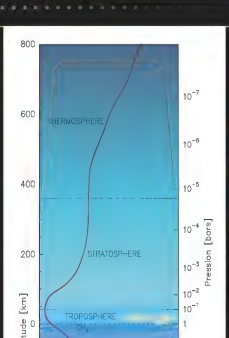


Modèles possibles de structure interne de Neptune.
https://link.springer.com/article/10.1007/s11214-020-00660-3

La structure interne de Neptune est similaire à celle d'Uranus. Avec une densité trois fois inférieure à celle de la Terre, c'est la planète géante la plus dense du Système solaire. Son intérieur doit donc comporter une plus grande part de matériaux rocheux et de glaces fondues. Elle possède probablement un noyau solide de fer, nickel et silicates, d'une masse d'environ 1,2 fois celle de la Terre. La pression au centre serait d'environ 8 mégabars (8 millions de fois la pression de l'atmosphère, soit deux fois plus qu'au centre de la Terre) et la température de 7 800 °C.. Au-dessus de ce noyau, différents modèles prédisent soit deux couches principales, un manteau fluide de glaces d'eau (probablement sous forme ionique), d'ammoniac et de méthane, surmonté d'une atmosphère composée de gaz d'hélium, d'hydrogène et de méthane, soit un intérieur mélangé aux frontières diffuses. Depuis 1981, on considère possible que le manteau soit totalement ionisé et que le méthane y soit décomposé par la chaleur en carbone (peut-être condensé sous forme de poussières de diamant flottant sur un océan de carbone liquide) et en hydrocarbures divers, transportés ensuite dans l'atmosphère. Ce manteau dense et chaud représente la majeure partie de la masse (10 à 15 masses terrestres) et du volume de la planète. Il a une conductivité électrique élevée. Neptune émet 2,6 fois plus d'énergie qu'elle n'en reçoit du Soleil, probablement du fait de la chaleur résiduelle de sa formation, évacuée vers l'extérieur via des mouvements lents de matière dans le manteau fluide. Ce sont probablement ces mouvements qui donnent naissance au champ magnétique de Neptune.

ATMOSPHÈRE DE NEPTUNE

L'atmosphère de Neptune, épaisse de plus de 8 000 km et comprenant 5 à 10 % de la masse de la planète, est principalement composée de dihydrogène (H_2, environ 80 %), d'hélium (He, 18 %), et de méthane (CH_4, 2 %), avec des traces d'ammoniac (NH_3), de sulfure d'hydrogène (H_2S) et d'hydrocarbures (éthane, acétylène). La couleur bleue de Neptune provient du méthane. On l'a crue un temps plus « bleu vif » qu'Uranus, mais cela semble résulter d'un traitement du contraste des images de Voyager 2 dont l'information s'était perdue. Des mesures récentes par les télescopes terrestres (au sol ou en orbite) indiquent des couleurs assez similaires pour ces deux planètes. La structure de l'atmosphère de Neptune est assez voisine de celle d'Uranus, avec une température minimum de -220 °C à la tropopause, vers le niveau de pression 0,1 bar, sous laquelle on trouve des nuages de méthane (bandes ou taches brillantes), de sulfure d'hydrogène, d'hydrosulfure d'ammonium et probablement de glace d'eau plus profondément vers 50 bars, là où la température atteint 0 °C. La température remonte avec l'altitude dans la stratosphère, où on trouve de fines brumes de composés hydrocarbonés formés par photodissociation du méthane sous l'effet du rayonnement solaire ultraviolet, et des traces de monoxyde de carbone et de cyanure d'hydrogène. La stratosphère de Neptune est plus chaude que celle d'Uranus en raison de sa concentration plus élevée en méthane. Encore plus haut, la thermosphère est anormalement chaude, atteignant près de 480 °C. Les explications proposées incluent l'interaction entre les ions atmosphériques et le champ magnétique de la planète, ou le chauffage par des ondes de gravité provenant de l'atmosphère profonde.

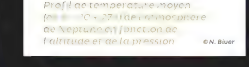


Profil de température moyen (en K) en fonction de l'altitude dans l'atmosphère de Neptune, en fonction de l'altitude et de la pression

© N. Bauer

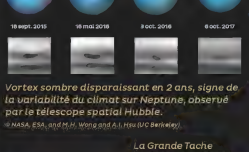
CIRCULATION ATMOSPHÉRIQUE ET MÉTÉOROLOGIE

Le climat de Neptune est globalement froid, du fait de son éloignement du Soleil, mais il est fortement influencé par la chaleur interne que la planète dégage (2,6 fois plus d'énergie qu'elle n'en reçoit du Soleil), et par l'ensoleillement variable au cours des saisons (qui durent chacune ~ 40 ans). De ce fait, la circulation atmosphérique sur Neptune est très active. On trouve dans sa troposphère les vents les plus rapides du Système solaire, atteignant des vitesses de 1200 km/h, possiblement supersoniques. Ces vents se déplacent dans des bandes de latitude constante, similaires à celles de Jupiter et Saturne, mais moins contrastées visuellement. Les flux de chaleur interne et externe alimentent les mouvements atmosphériques et les phénomènes météorologiques. Ils expliquent la variation de taille et de brillance des bandes d'un hémisphère à l'autre, ou l'abondance de méthane et d'hydrocarbures à haute altitude 10 à 100 fois plus grande à l'équateur qu'aux pôles. Les vents soufflent dans le sens de la rotation planétaire aux latitudes élevées et, plus fortement, dans le sens opposé aux faibles latitudes. Ces mouvements opposés créent des zones de cisaillement propices à la formation des tempêtes spectaculaires observées dans l'atmosphère de Neptune. La plus célèbre est la « Grande Tache sombre », découverte dans l'hémisphère sud par la sonde Voyager 2 en 1989. Sa taille, comparable au diamètre terrestre, était la moitié de celle de la Grande Tache rouge de Jupiter. Contrairement à cette dernière, les tempêtes de Neptune semblent plus éphémères : la Grande Tache sombre a disparu moins de deux ans après sa découverte, remplacée par d'autres systèmes cycloniques, dont une tache analogue dans l'hémisphère nord. Naissant dans la troposphère, plus bas que les nuages plus brillants, ces taches de plusieurs milliers de kilomètres de diamètre apparaissent comme des trous sombres. Elles s'accompagnent souvent de nuages blancs de cristaux de méthane gelé, portés par les vents dans la haute atmosphère. Les observations récentes depuis la Terre ou avec le télescope spatial Hubble continuent de révéler des changements rapides dans l'atmosphère de Neptune. Voyager 2 y avait détecté quelques impulsions radio attribuées à des éclairs d'orages, mais en nombre beaucoup plus faible que sur Uranus, ce qui suggère une convection verticale plus faible.



Vortex sombre disparaissant en 2 ans, signe de la variabilité du climat sur Neptune, observé par le télescope spatial Hubble.

© NASA, ESA, and M.H. Wong and A.I. Hsu (UC Berkeley)



La Grande Tache sombre, un anticyclone similaire à la Grande Tache rouge de Jupiter, photographiée par Voyager 2. Courant 13 000 x 6 600 km, elle tourne dans le sens anti-horaire.

© NASA

Bandes de nuages de haute altitude, dans la haute troposphère de Neptune, projetant des ombres sur l'atmosphère sous-jacente.

© NASA

CHAMP MAGNÉTIQUE ET MAGNÉTOSPHÈRE

Le champ magnétique de Neptune est très différent de ceux de la Terre, Saturne ou Jupiter, tandis qu'il présente des similarités avec celui d'Uranus. On pense qu'il est généré par des mouvements convectifs dans le manteau fluide riche en eau, ammoniac et méthane ionisés, combinés à la rotation rapide de la planète. Sa force est environ 25 fois supérieure à celle du champ terrestre, mais du fait de leurs rayons respectifs, l'intensité du champ est équivalente à la surface de ces deux planètes. Le champ magnétique de Neptune est complexe, avec une forte composante non dipolaire (c'est-à-dire différente du champ d'un barreau aimanté). Le dipôle magnétique moyen de Neptune est décalé de 13 500 km vers le sud (soit 55 % de son rayon !), induisant un champ 10 fois plus intense au pôle sud qu'au pôle nord magnétique. De plus, l'axe magnétique de Neptune est incliné d'environ 47° sur son axe de rotation. Combiné à l'inclinaison de 29° de l'axe de rotation, le cône d'ouverture de 47° décrit par l'axe magnétique résulte en une grande variété d'orientations par rapport à la direction du Soleil au cours de chaque rotation. Près des solstices, l'axe magnétique alterne entre une configuration quasi perpendiculaire à la direction du Soleil (similaire au cas terrestre) et une configuration où un pôle magnétique pointe vers le Soleil (comme pour Uranus en 1986), et ce toutes les 16 h 07 minutes. C'était le cas lors du survol de Neptune par Voyager 2 en 1989, alors que nous nous approchons aujourd'hui de l'équinoxe de 2038, où les variations de configuration sont moins extrêmes.

La dynamique de la magnétosphère de Neptune, magnétosphère qui résulte comme pour les autres planètes magnétisées de l'interaction entre son champ magnétique et le vent solaire, traduit cette variabilité de configurations. Découverte et étudiée par Voyager 2, cette bulle magnétique comprimée par le vent solaire s'étend en direction du Soleil jusqu'à 600 000 km environ, et au moins trois fois plus loin (et probablement beaucoup plus) dans la direction opposée. Cette longue queue magnétique est probablement torsadée, à l'instar de celle d'Uranus. La magnétosphère de Neptune piège des particules chargées (électrons et ions, principalement H^+ d'origine ionosphérique et N^+ issu notamment de Triton), générant des ceintures de radiations, qui peuvent interagir avec les lunes proches, et des aurores polaires. Ces dernières ont peut-être été détectées en ultraviolet par Voyager, beaucoup plus faibles que celles de Jupiter, Saturne ou même Uranus en raison de l'éloignement du Soleil et de la faible intensité du vent solaire à cette distance, mais elles n'ont jamais été confirmées depuis. En revanche, elles sont accompagnées d'un riche zoo d'émissions radio : non moins de 5 composantes distinctes ont été découvertes par Voyager 2, issues de diverses régions actives de la magnétosphère, près des pôles et de l'équateur, et plus intense du côté « nuit » de la planète. Ce sont ces émissions radio qui ont permis de mesurer la période de rotation de la planète.

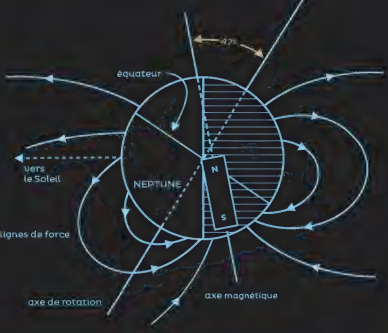
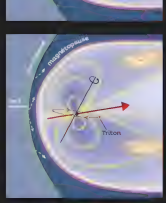
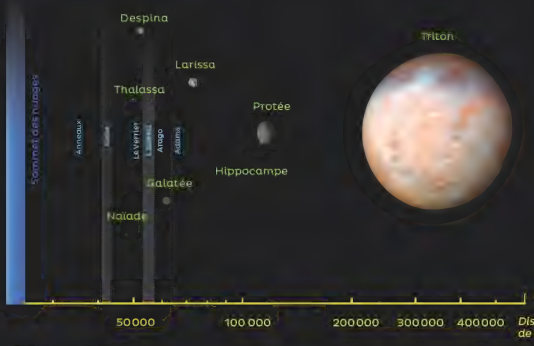


Schéma du champ magnétique de Neptune. L'axe magnétique est décalé vers le Sud et incliné de 47° par rapport à l'axe de rotation (contre 11° pour la Terre).
© NASA



Configuration changeante de la magnétosphère de Neptune lors du solstice (été austral). Le plan midi-minuit est représenté, avec le dipôle planétaire (flèche rouge), dans des configurations séparées d'une demi-période de rotation planétaire. Le Soleil est à gauche.
© S. Bartlett & F. Bagenal

SATELLITES ET ANNEAUX

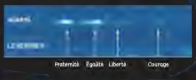


LE SYSTÈME D'ANNEAUX

Neptune possède un système de 5 anneaux, moins spectaculaires que ceux de Saturne et rappelant ceux de Jupiter, nommés d'après les découvreurs du système de Neptune. D'aspect sombre, ils seraient composés de glaces ou de roches recouvertes de poussières ou de composés carbonés. D'abord détectés par occultations d'étoiles d'arrière-plan, ils ont été photographiés par Voyager 2. Les images révèlent 3 anneaux étroits (Le Verrier, Arago et Adams, de 50 à 100 km de large) et 2 anneaux diffus (Galle et Lassell, de 2 000 à 4 000 km de large). L'anneau Adams abrite des arcs, c'est-à-dire des secteurs localisés plus brillants, baptisés Liberté, Égalité, Fraternité et Courage. L'étalement de ces arcs le long de l'anneau est empêché par l'action gravitationnelle de la lune Galatée qui orbite au bord interne de l'anneau Adams. Les anneaux de Neptune contiennent une grande quantité de poussières micrométriques, à l'instar de ceux de Jupiter. Probablement formés par la fragmentation de lunes intérieures lors de collisions, les anneaux de Neptune – comme ceux d'Uranus – sont jeunes par rapport au Système solaire. Il sont instables ou transitoires, comme le suggèrent des observations au télescope montrant une disparition des arcs Liberté et Courage, partielle en 2003 et totale en 2009.

Les anneaux de Neptune vus à contre-jour par Voyager 2 le 25 août 1989. © NASA

Arcs dans l'anneau Adams vus par Voyager 2 en 1989 (Liberté, Égalité et Fraternité, de droite à gauche). L'anneau le plus interne est Le Verrier.

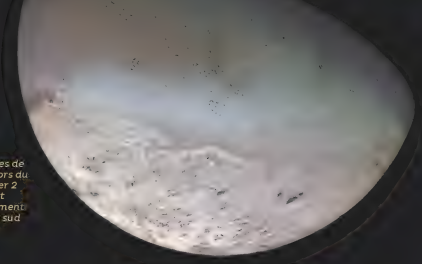


Vue dépliée des mêmes anneaux en 2003 par le télescope Keck. Les arcs Liberté et Courage sont très effacés.
© NASA, Université de Californie/Berkeley & Keck

LES SATELLITES NATURELS

Seize lunes de Neptune sont connues à ce jour. Nommées d'après les divinités marines inférieures à Neptune/Poséidon, elles peuvent être classées en trois catégories : 7 petits satellites proches, de forme irrégulière et en orbite rapide autour de la planète, la grosse lune Triton, et 8 lunes lointaines sur des orbites inclinées et excentriques entre 5 et 76 millions de kilomètres de distance. Ces dernières sont probablement des objets de la ceinture de Kuiper capturés par la gravitation de Neptune. Le système semble avoir été fortement perturbé dans le passé par la capture de Triton, qui aurait déstabilisé les lunes préexistantes. Quatre des satellites internes, Naïade, Thalassa, Despina et Galatée, interagissent gravitationnellement avec les anneaux, influençant leur forme. Malgré leur petite taille, ces lunes offrent un aperçu sur les interactions gravitationnelles, la dynamique orbitale, et l'évolution du système de Neptune.

Protée, découverte en 1989 par Voyager 2, est plus grosse que Néréide mais très sombre et beaucoup plus proche de Neptune. © NASA



Mosaïque d'images de Triton obtenues lors du survol par Voyager 2 le 25 août 1989, et montrant notamment la calotte polaire sud en bas. © NASA

TRITON

La lune la plus remarquable de Neptune est Triton, un corps glacé de 2 705 km de diamètre (plus gros que Pluton) découvert la même année que Neptune (1846), représentant plus de 99 % de la masse totale des satellites de Neptune. Triton est unique dans le Système solaire par son orbite rétrograde : il tourne autour de Neptune en sens inverse de la rotation de la planète, ce qui indique que c'est probablement une planète naine de la ceinture de Kuiper capturée par Neptune, et non un corps formé sur place. Il est en rotation synchrone sur une orbite quasi circulaire (comme notre Lune) à plus de 14 rayons planétaires de distance, et se rapproche très lentement de Neptune. Triton possède une surface jeune, façonnée par une activité géologique récente : geysers d'azote, calottes polaires, plaines glacées et reliefs. Il pourrait abriter un océan liquide sous sa croûte. Sa forte inclinaison lui confère des saisons très marquées tout au long de l'année neptunienne. On y a mesuré les températures les plus basses du Système solaire (~235 °C) après Pluton (~244 °C).

LES LUNES INTERNES

Parmi les lunes proches de Neptune, plusieurs petits satellites gravitent à l'intérieur du système d'anneaux. Galatée influence directement les arcs de l'anneau Adams par résonance gravitationnelle. Despina et Thalassa, de forme irrégulière, orbitent très près de la planète et pourraient finir par s'écraser sur elle ou se fragmenter en formant un nouvel anneau. Protée, deuxième plus grosse lune de Neptune, de forme irrégulière, a la taille maximale qui lui permet de ne pas être sphérique sous l'effet de sa propre gravitation. Hippocampe, identifiée en 2013 grâce à des images du télescope spatial Hubble, pourrait être un fragment de Protée issu d'une collision passée.

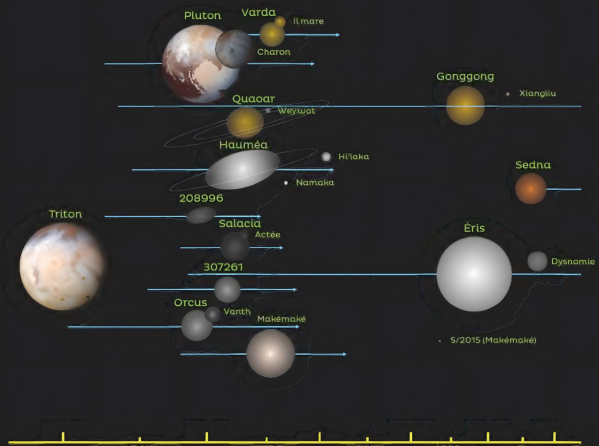
NÉRÉIDE ET LES LUNES EXTERNES

Néréide, découverte dès 1949, est la première et plus grosse des lunes lointaines et excentriques. Son orbite très allongée suggère qu'elle a été affectée par la capture de Triton. Elle mesure environ 340 km de diamètre, contre 15 à 60 km pour les 7 autres plus lointaines découvertes depuis 2002.

OBJETS TRANSNEPTUNIENS

Neptune est à la « porte » de la ceinture de Kuiper qui s'étend jusqu'à environ 50 ua du Soleil, et bien au-delà pour les objets sur une orbite très excentrique dont l'aphélie peut être à des centaines d'unités astronomiques. Triton ressemble à Pluton : tous deux possèdent une atmosphère ténue qui, dans le cas de Pluton, se condense à la surface quand cette planète s'éloigne du Soleil. Parmi les autres planètes naines de la ceinture de Kuiper (officiellement : Éris, Hauméa, et Makémaké), Éris développe peut-être aussi une atmosphère à l'approche de son périhélie. Ces objets se classent en trois catégories, selon la nature dominante des glaces à leur surface : glace d'eau, de méthane et azote, ou de composés organiques comme le méthanol. Plusieurs de ces objets possèdent des satellites, et des systèmes d'anneaux ont été découverts autour de deux d'entre eux (représentés à l'échelle du corps parent).

Triton et les 12 plus gros objets transneptuniens connus, classés par ordre de distance au Soleil (échelle logarithmique du bas). Chacun – sauf Sedna qui s'éloigne à 1 028 ua du Soleil – est positionné à sa distance moyenne sur une flèche indiquant la distance minimale à maximale. Les tailles relatives sont respectées mais les principaux satellites ont été rapprochés de leur parent d'un facteur 10. La couleur et l'assombrissement des objets non imagés par une sonde spatiale donne une idée de leurs apparences diverses.



DÉCOUVERTE ET EXPLORATION SPATIALE DE NEPTUNE

Neptune n'est pas visible à l'œil nu. Son observation nécessite un télescope, où elle apparaît comme un disque bleu-vert. Observée sans être identifiée comme une planète par plusieurs astronomes depuis Galilée, elle a en fait été découverte par le calcul, pour expliquer les perturbations de l'orbite d'Uranus. Sa position dans le ciel, prédite indépendamment par John Couch Adams en Angleterre et Urbain Le Verrier en France en 1845, a donné lieu à son observation par Johann Gottfried Galle à l'observatoire de Berlin le 23 septembre 1846… et à une querelle franco-britannique finalement résolue par une paternité décrétée conjointe de la découverte. La nouvelle planète est baptisée Neptune, du nom du dieu de la Mer dans la mythologie romaine, en accord avec la nomenclature des autres planètes. Triton est découverte par William Lassell 17 jours après Neptune.

Avec une taille apparente d'environ 2,3 secondes d'arc, l'étude télescopique de Neptune est restée difficile et sa connaissance limitée, jusqu'à son unique survol par la sonde Voyager 2 le 25 août 1989, au terme de sa longue exploration des planètes géantes du Système solaire. La sonde a survolé le sommet des nuages au nord de la planète à seulement 4 950 km à 3 h 57 TU. Puis elle a plongé vers le sud du plan de l'écliptique en passant à 40 000 km de Triton cinq heures plus tard. Après Voyager, le télescope spatial Hubble puis les grands télescopes au sol à optique adaptative et plus récemment le télescope spatial James Webb permettent de poursuivre l'étude du système de Neptune en attendant une prochaine mission d'exploration.

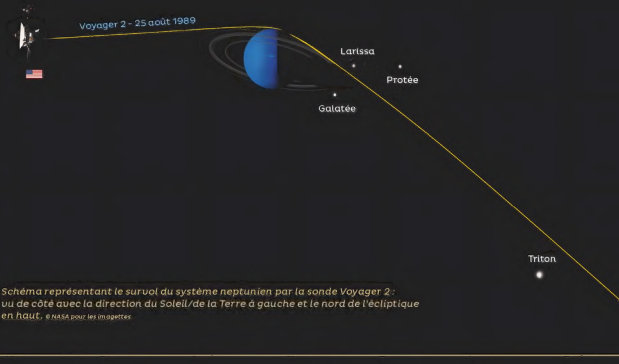


Schéma représentant le survol du système neptunien par la sonde Voyager 2 : vu de côté avec la direction du Soleil/de la Terre à gauche et le nord de l'écliptique en haut. © NASA pour les imagettes

LEXIQUE

- Ceinture de Kuiper :
Zone du Système solaire en forme d'anneau au-delà de l'orbite de Neptune, entre 30 et 50 ua, constituée de petits corps glacés (restes de la formation du Système solaire) et de planètes naines. Elle est 20 fois plus large et 20 à 200 fois plus massive que la ceinture d'astéroïdes.

- Géante de glaces :
Sous-classe des planètes géantes qui ne sont pas principalement composées d'hydrogène et d'hélium, mais plutôt d'éléments tels que le méthane, l'ammoniac et l'eau, appelés « glaces » en astrophysique, quel que soit leur état (solide, liquide…) et leur température.

- Ionosphère :
Couche supérieure de l'atmosphère d'une planète, partiellement ionisée par le rayonnement ultraviolet solaire.

- Onde de gravité :
Oscillation verticale dans une atmosphère planétaire résultant de l'action de la gravité (vers le bas) et de la poussée d'Archimède (vers le haut) s'exerçant sur une parcelle de fluide ou de gaz.

- Résonance gravitationnelle :
Situation dans laquelle deux corps célestes en orbite autour du même point ont des périodes de révolution commensurables, c'est-à-dire que l'un parcourt N orbites tandis que l'autre en parcourt P, avec N et P entiers.

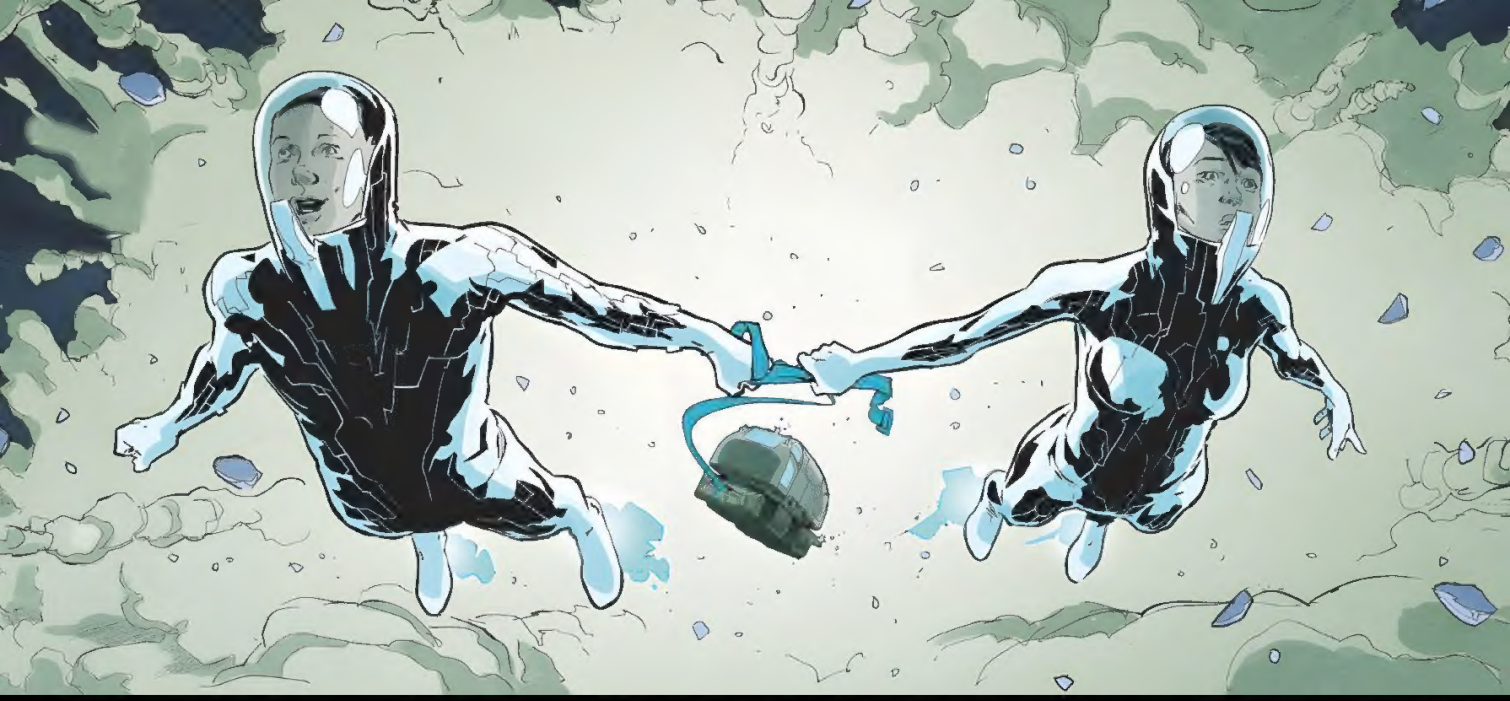
- TU :
Le temps universel (TU) est une échelle de temps basée sur la rotation de la Terre. Il en existe plusieurs versions, dont le temps universel coordonné (UTC) qui constitue un standard international sur lequel est fondé le temps civil.

- ua :
Unité astronomique (149 597 871 km soit la distance moyenne Terre-Soleil).

Malgré nos recherches diligentes, suivies et sérieuses, nous ne sommes pas parvenus à identifier ou retrouver le titulaire des droits de certaines photographies reproduites dans cet ouvrage (article L.113-10 du Code de la propriété intellectuelle relatif aux œuvres orphelines – « © droits réservés »). Tout titulaire de droits identifiant une de ses œuvres au sein du présent ouvrage est donc cordialement invité à prendre contact avec l'éditeur aux coordonnées susmentionnées.

© 2025 / Glénat bd.
Couvent Sainte-Cécile - 37, rue Servan - 38000 Grenoble
Tous droits réservés pour tous pays.
Dépôt légal : octobre 2025
ISBN : 978-2-3310-8914-5

Avec le soutien du
CNL
Centre national du livre
www.centrenationaldulivre.fr



NEPTUNE

À bord d'un vaisseau extraterrestre, une équipe de scientifiques terriens poursuit sa mission exploratoire et approche des confins du Système solaire, la plus lointaine distance d'avec la Terre. À 4,5 milliards de kilomètres, apparaît la planète Neptune, une perle de jade faite de gaz gelé qui fait quatre fois la taille de la Terre. Mais le vaisseau et ses passagers vont aller plus loin encore dans le vide sidéral qui reste sous l'influence gravitationnelle du Soleil : direction la Ceinture de Kuiper, un anneau d'astéroïdes dans lequel se trouvent notamment des planètes naines comme Pluton.
Et plus loin encore, entourant tout le Système solaire comme une sphère dessinée par des millions de corps célestes, et dans un froid absolu, l'extraordinaire nuage de Oort… à 30 000 milliards de kilomètres !

SYSTÈME SOLAIRE

Toutes ces questions et bien d'autres encore trouvent leurs réponses à travers un fabuleux voyage, là où l'être humain n'a jamais posé le pied. Dans le vaisseau de Clarke, prétexte à toutes les explorations, une équipe de scientifiques venus du monde entier découvre tour à tour Mars, Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune, Vénus, Mercure et le Soleil, et en révèlent au mépris du danger et des pièges les plus inattendus, des secrets qui émerveillent. Derrière la fiction et le divertissement dans d'extraordinaires environnements, où chaque planète paraît à notre portée, la supervision précise et exigeante des astronomes à l'Observatoire de Paris permet de tout savoir sur le Système solaire.

ISBN 978-2-344-06059-9
9 782344 060599
CODE PRIX GL54 32.5980.8
www.glenat.com